

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Политехнический институт Механико-технологический факультет
Кафедра «Мехатроника и автоматизация»
Направление «Мехатроника и робототехника»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
В.Р. Гасияров

2017 г.

Разработка мехатронной системы перемещения кислородной фурмы
кислородно-конвертерного цеха ПАО "ЧМК"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ – 15.03.06.2017.240.ПЗ (ВКР)

Консультант
Профессор, д.э.н.
Е.В. Кучина

2017 г.

Руководитель работы
Преподаватель
А.С. Маклаков

2017 г.

Нормоконтролер
Преподаватель
Е.А. Маклакова

2017 г.

Автор работы
студент группы
Роман Сергеевич Шурыгин

2017 г.

Ст. преподаватель
С.С. Воронин

2017 г.

Челябинск 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Институт Политехнический институт
Факультет Механико-технологический
Кафедра Мехатроники и автоматизации
Направление 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
Профиль Мехатроника

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____ В.Р. Гасияров
подпись
«___» _____ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА**

Студенту группы П-456 _____ Шурыгину Роману Сергеевичу _____
(Ф.И.О. полностью)

1 Тема работы

Разработка мехатронной системы перемещения кислородной фурмы
кислородно-конвертерного цеха ПАО «ЧМК»

утверждена приказом по университету от _____ 201_ г. № _____
(утверждена распоряжением по факультету от _____ 201_ г. № _____)

- 2 Срок сдачи студентом законченной работы _____
- 3 Исходные данные к работе материалы производственной практики _____
- 4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение

1. Анализ технологического процесса и выбор основного оборудования.
 - 1.1. Характеристика цеха, описание технологического процесса работы механизма
 - 1.2. Характеристика и кинематическая схема проектируемого механизма
 - 1.3. Требования к приводам и системе автоматизации
 - 1.4. Выбор системы привода
 - 1.5. Расчет и построение нагрузочной диаграммы и тахограммы (диаграммы перемещения)
 - 1.6. Выбор основного силового оборудования
 - 1.7. Защиты привода, расчет уставок защитных устройств
2. Разработка САУ
 - 2.1. Разработка архитектуры систем автоматизации
 - 2.2. Выбор контроллеров и датчиков технологических координат
 - 2.3. Выбор и разработка функциональной схемы САУ привода проектируемого агрегата
 - 2.4. Разработка контура регулирования технологических координат
 - 2.5. Разработка структурной схемы САУ и моделирование типовых режимов работы привода
3. Техничко-экономические расчеты
 - 3.1. Краткая характеристика подразделения и выпускаемой продукции
 - 3.2. Расчёт производственной программы цеха (расчет фактического годового фонда рабочего времени и производительности оборудования)
 - 3.3. Расчёт сметы капитальных затрат (расчёт стоимости приобретенного оборудования, затрат на монтаж оборудования, величины транспортных расходов, заготовительно-складских

расходов, затрат на запасные части и расходов на комплектацию оборудования)

3.4. Расчет РСЭО (затраты на содержание и эксплуатацию оборудования потери электроэнергии, расчет амортизационных отчислений, затраты на ремонты и обслуживание электрооборудования)

3.5. Расчет затрат на материалы и на оплату труда со страховыми отчислениями

3.6. Расчет прибыли и показателей рентабельности

3.7. Расчет срока окупаемости проекта

3.8. Составление сводной таблицы технико-экономических расчетов

Заключение

5 Перечень графического и иллюстративного материала

1. Кинематическая схема и технические характеристики механизма

2. Тахограммы (диаграмма перемещения) и нагрузочные диаграммы проектируемого привода

3. Требование к проектируемому приводу и системе автоматизации

4. Архитектура САУ

5. Функциональная схема САУ и характеристики выбранного оборудования

6. Функциональная схема проектируемой САУ

7. Математическая модель проектируемой САУ

8. Результаты моделирования типовых режимов работы привода

9. Технико-экономические показатели

Всего 9 листов

Согласовано:

Консультант по экономике и
управлению производством:

подпись

Фамилия И.О.

Руководитель

подпись

Должность, звание

Фамилия И.О.

Дата выдачи задания «__» _____ 201_г.

Задание принял к исполнению студент

подпись

Фамилия И.О.

АННОТАЦИЯ

Шурыгин Р. С. Разработка мехатронной системы перемещения кислородной фурмы кислородно-конвертерного цеха ПАО ЧМК. – Челябинск: ЮУрГУ, МТ; 2017, 65 с., 15 Ил., библиогр. список – 13 наим.

После анализа существующего технологического процесса предложена мехатронная система перемещения кислородной фурмы кислородно-конвертерного цеха.

Проведен подбор электродвигателя, силового оборудования. Разработаны контуры регулирования технологических координат, структурная схема, по которой составлена математическая модель электропривода в программе Matlab.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	8
1.1 Характеристика цеха, описание технологического процесса работы механизма	8
1.2 Характеристика и кинематическая схема проектируемого механизма	12
1.3 Требования к приводам и системе автоматизации	15
1.5 Расчет и построение нагрузочной диаграммы и тахограммы привода.....	18
1.6 Выбор основного силового оборудования.....	24
1.7 Защита привода, расчет уставок защитных устройств	26
2 РАЗРАБОТКА САУ	29
2.1 Разработка и описание архитектуры системы автоматизации кислородной фурмы	29
2.2 Выбор контроллеров и датчиков технологических координат	32
2.3 Выбор и разработка функциональной схемы САР привода проектируемого агрегата.....	36
2.4 Разработка контура регулирования технологических координат, структурной схемы САУ и моделирование типовых режимов работы привода	37
3 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ И ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ	46
3.1 Характеристика кислородно-конверторного цеха	46
3.2 Анализ технико-экономических показателей цеха.....	47
3.3 Расчёт производственной программы цеха	49
3.4 Расчёт сметы капитальных затрат	51

3.5	Расчёт величины транспортных расходов , заготовительно-складских расходов , затрат на запасные части и расходов на комплектацию оборудования ...	54
3.6	Расчёт затрат на эксплуатацию системы электропривода	55
3.7	Расчёт налогов на фонд оплаты труда по цеху.....	58
3.8	Оценка экономической эффективности проекта.....	59
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	64
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	65

ВВЕДЕНИЕ

Процесс производства стали в кислородных конверторах совершил переворот в чёрной металлургии.

К важным преимуществам кислородно-конверторного способа производства стали относятся высокая интенсивность и хорошая управляемость процесса, лёгкость сочетания с процессом непрерывной разливки стали; возможность применения управляющих вычислительных машин. Автоматизация процессов производства стали позволяет повысить производительность цеха, сократить расход электроэнергии и численность обслуживающего персонала.

Высокая надёжность работы электрооборудования конверторных цехов исключительно важна, поэтому требования к нему являются более жёсткими, чем, например, к электрооборудованию прокатных станов. Небольшая неисправность электроприводов конвертора может привести к потере всей плавки.

В современных мощных кислородно-конверторных цехах действуют автоматизированные системы управления с электронными вычислительными машинами (ЭВМ). Эти системы позволяют от локальных систем управления механизмами перейти к комплексной автоматизации всего технологического режима плавки и получить значительный технико-экономический эффект.

В современных производственных цехах действуют автоматизированные системы управления. Эти системы позволяют перейти от локальных систем управления механизмами к комплексной автоматизации технологического процесса. Электроприводы основных и вспомогательных механизмов производства выполняются, по системе ПЧ-АД. Применение частотного электропривода механизмов и машин обусловлено рядом достоинств этого типа электропривода.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка мехатронной системы перемещения кислородной фурмы.

Задачи выпускной квалификационной работы: выбор основного электрического оборудования, силового оборудования, разработка системы автоматического регулирования электропривода.

1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1.1 Характеристика цеха, описание технологического процесса работы механизма

Цех постоянно работает двумя или тремя конвертерами. Заливаемый в миксер чугун доставляется из доменного цеха в чугуновозных ковшах емкостью 100 и 140т. и должен соответствовать требованиям по массовой доле элементов:

Кремний 0,60 –1,20%

Сера – не более 0,035%

Марганец – не менее 0,50%

Фосфор – не более 0,20 %

Заливка чугуна в конвертеры осуществляется заливочными кранами. Предварительно из чугуновозных ковшей с использованием машины для скачивания шлака удаляется начисто шлак. Металлолом к конвертерам подается из отделения шихтовых материалов в совках емкостью 40м³, установленных на специальных тележках. Сыпучие материалы (известь, окатыши, плавиковый шпат, кокс) подаются из промежуточного склада в конвертерное отделение по системе ленточных транспортеров и разгружаются в расходные бункера (6 на каждый конвертер). Известь, окатыши, доломит, известняк присаживаются порциями через наклонные точки с двух сторон во время продувки ванны кислородом. Продувка кислородом осуществляется с помощью 5-ти сопловой кислородной фурмы с объемным расходом кислорода от 350 до 450 м³/мин. Ферросплавы подаются во вспомогательный пролет на автомашинах в контейнерах объемом 2,8м³ загружаются в расходные бункера у конвертеров мостовым краном. Ферросплавы присаживаются в ковш во время слива плавки, из мульд, которые кантуются гидравлическим механизмом. Сталь из конвертера сливается в ковш емкостью 160т, установленный на сталевозе. Пути выдачи от конвертеров стали и шлака уложены

под конвертерами перпендикулярно пролетам здания. Доводка металла производится по двум вариантам:

1. Ковш с металлом подается сталевозом на установку продувки металла инертным газом для выравнивания температуры и доводки химического состава металла и после выполнения этих операций снимается краном и транспортируется на разливочные площадки № 1,2,3,4,5.

2. После скачивания шлака в шлаковую чашу ковш с металлом устанавливается на сталевоз агрегата «ковш – печь» и по пути, уложенному перпендикулярно пролетам цеха, завозится под водоохлаждаемый свод агрегата «ковш –печь».

После обработки металла в агрегате «ковш – печь» ковш с металлом транспортируется на сталевозе в разливочный пролет и краном передается на разливочные площадки. Разливка стали в изложницы производится с использованием ковшей, оборудованных шиберными затворами. Шибберные затворы доставляются в разливочный пролет на специальных поддонах. Составы изложниц под разливку подаются из отделений №№ 1, 2 и 4 ЦПС. Сталь кипящая и полуспокойная разливается сверху в изложницы типа СК-10; сталь спокойная углеродистая и низколегированная разливается сифоном в изложницы СС-10 и СС(ЛС) – 6,2, УВЛ-13. Подача в конвертерное отделение огнеупоров, ферросплавов, оборудования и других грузов осуществляется через автомобильные въезды. Металл конвертерного цеха, предназначенный для разливки в ЭСПЦ-6, транспортируется на специальных сталевозах в ковшах, накрытых теплоизолирующими крышками. Технологическая необходимость обработки этого металла на установке «ковш –печь» ККЦ определяется химическим составом и температурой выпущенной стали, а также требованиями конкретного заказа ЭСПЦ-6 об обязательной доводке металла на агрегате «ковш –печь» ККЦ (в случае ремонта АКос ЭСПЦ-6 или по другим причинам). Металл, предназначенный для разливки на сортовой 6-ти ручьева МНЛЗ –3, транспортируется в ОНРС на расстояние 2,6 км в сталеразливочных ковшах на сталевозах: Полупродукт выплавляется в кислородных конвертерах по действующей технологии с учетом последующей доводки металла в двухпозиционном агрегате

«ковш – печь» (АКП –160 – 2). Технологический процесс организации доводки этого металла имеет следующие особенности: после слива из конвертера в ковше на металле для теплоизоляции должно быть 2 – 2,5 т. шлака (толщина слоя 100 – 150мм). Для снижения активности шлака в ковш присаживается 500 – 700 кг извести. После этого ковш с металлом подают в разливочный пролет, накрывают футерованной крышкой, устанавливают на транспортный сталевоз и отправляют в ОНРС. Температура металла в ковше перед установкой на платформу должна быть не менее 1600⁰ С. Расчетное время транспортирования ковша с металлом 36 –40 мин., фактическое – не более 20 мин. Падение температуры жидкой стали за время транспортировки – не более 50⁰С. В ОНРС с ковша снимается крышка, ковш на кране подается к машине для скачивания шлака. После скачивания шлака определяется масса стали (взвешивание на кране) и ковш подается на свободный стенд АКП. На стенде к ковшу подсоединяется подвод аргона, наводятся на ковш свод и электродная группа. После подключения аргона в течение 2 – 3 минут производят гомогенизирующую продувку, отбирают пробы металла и измеряют его температуру, отдают шлакообразующие (известь, шпат) и раскислители. Не прекращая продувки аргоном, включают дугу и начинают нагрев металла. Подвод тепла дугами компенсирует потери тепла при транспортировке ковша, скачивании шлака, на шлакообразование и обеспечивает дополнительный нагрев стали. После получения результатов анализа в ковш отдают необходимые легирующие, науглероживатели и нагревают металл до заданной температуры. За 10 – 15 минут до окончания внепечной обработки стали на первом стенде АКП очередной ковш с металлом, прибывший из ККЦ, после скачивания шлака устанавливают на второй стенд АКП. Продувочный узел этого ковша подсоединяют к подводу аргона, после кратковременной продувки отбирают пробу, измеряют температуру и задают в ковш шлакообразующие и раскислители. После завершения внепечной обработки стали на первом стенде производится подача силикокальциевой проволоки трайбаппаратом. Свод и электроды поднимают и перемещают на второй стенд. На первом стенде после кратковременной бестоковой продувки металла аргоном отбирают пробу, измеряют температуру и отсоединяют подвод аргона. Ковш с

готовым жидким металлом мостовым литейным краном переставляется на поворотный стенд МНЛЗ, накрывается крышкой и после навешивания гидроцилиндра шиберного затвора разворачивается на 180° в положение разливки над промежуточным ковшом. Промежуточный ковш должен быть предварительно разогрет до температуры $1100 - 1200^{\circ}\text{C}$ и накрыт крышкой. Промежуточный ковш заполняется открытой струей. По мере наполнения промковша на зеркало металла в промковше подается защитная теплоизолирующая смесь. После наполнения промковша металлом до расчетного уровня (800мм от днища или 30,4т – масса металла контролируется тензовесами, встроенными в тележку промковша) последовательно открываются сталевыпускные отверстия в днище и металл поступает в кристаллизаторы. Уровень заполнения кристаллизатора контролируется радиоактивным датчиком. Калиброванное отверстие стакана промковша обеспечивает выпуск стали с расчетной интенсивностью. Скорость вытягивания литой заготовки автоматически подстраивается под интенсивность истечения струи. Между кристаллизатором и тянуще-правильным агрегатом на радиальном участке литая заготовка проходит зону вторичного водяного охлаждения. Охлаждение обеспечивается форсунками, установленными на трубах из нержавеющей стали, расположенных по четырем сторонам заготовки. Система форсуночного охлаждения подразделяется на ряд независимых зон охлаждения в зависимости от требований, предъявляемых к марке стали и скорости разливки. После того как установится паспортный режим разливки на первом ручье, начинается заполнение второго кристаллизатора, затем третьего и т.д. Литая заготовка после распрямления в тянуще – правильном агрегате режется на мерные длины газокислородными резаками и передается рольгангами либо на накопитель, где маркируется, охлаждается и снимается пратценкраном на склад, либо на транспортный рольганг для передачи на прокатные станы. Головная и концевая обрезь, образующаяся при порезке заготовок на мерные длины, падает вниз в установленные на тележках короба. Окалина, образующаяся до газорезки заготовок, смывается водой в лотки и передается с водой в отстойник окислы, а образующаяся после газорезки – сгребается под рольгангами всухую тротуароуборочной машиной, которая передает

ее на отметку пола цеха для отгрузки на аглофабрику. Сталеразливочный ковш после опорожнения разворачивается на поворотном стенде МНЛЗ на 180^0 в пролет А – Б и снимается краном для слива шлака, зачистки от остатков шлака и металла и передачи на транспортный сталевоз. Одновременно с разворотом порожнего ковша на другой консоли поворотного стенда в позицию над промковшом устанавливается другой наполненный металлом стальковш. Разливка продолжается методом «плавка на плавку».

В состав цеха входят:

1. Конвертерное отделение. К отделению примыкают с западной стороны ж.д. эстакада подачи к конвертерам жидкого чугуна из миксерного отделения, с восточной стороны – железно-дорожная эстакада, соединяющая главное здание с отделением магнитных материалов. К главному зданию примыкают ремонтно-механическая мастерская 60x12м и пристроенный к первому разливочному пролету склад огнеупорных масс и машинный зал.

2. Миксерное отделение.

3. Отделение шихтовых магнитных материалов.

4. Тракт подачи сыпучих материалов в конвертерное отделение.

5. Эксгаустерное отделение.

6. Энергокорпус.

7. Отделение утилизации шламов.

8. Отделения непрерывной разливки стали (ОНРС-1,2,3).

9. Центральная мастерская по ремонту и сборке шибберных затворов.

1.2 Характеристика и кинематическая схема проектируемого механизма

Фурма оснащена двумя приводами подъема: основным - электрическим и аварийным - пневматическим. Кинематическая схема механизмов подъема представлена на рисунке 1.1.

Основной привод подъема фурмы предназначен для перемещения фурмы в вертикальной плоскости с заданной скоростью. А так же для установки ее в

заданные позиции (высоты) в процессе ведения плавки или сушки конвертора. Аварийный пневмопривод предназначен для подъема фурмы в верхнее положение на низкой скорости в случае неисправности основного привода или отключения питающего напряжения.

Колодочные тормоза основного привода в нормальном режиме используются для удержания фурмы в заданном положении, выполняя функцию стояночных тормозов. Торможение фурмы в нормальном режиме электроприводом. Торможение фурмы в аварийном режиме осуществляется отключением сетевого контактора, включением динамического торможения и наложением тормозов. Колодочные тормоза привода аварийного подъема используются для торможения механизма при отключении двигателя аварийного подъема и дальнейшего удержания фурмы. На каждом механизме фурмы установлены следующие датчики:

- абсолютные датчики;
- кулачковые командоаппараты;
- аварийные конечные выключатели крайнего верхнего положения каретки;
- датчики действующего на канаты усилия - тензодатчики;
- бесконтактные датчики аварийного ослабления канатов;
- бесконтактные датчики состояния калиток входа на площадки для обслуживания ;
- бесконтактные датчики позиции калибровки.

Электрооборудование МПК состоит из:

- электрооборудования, установленного на механизмах;
- общих средств управления;
- средств управления основными электроприводами фурм.

Для главного электропривода механизма перемещения фурмы предусмотрен электродвигатель переменного тока типа АМТК, 55 кВт, 735 об/мин, ~380В, ПВ25%. Для механического торможения используются два электромагнитных тормоза ТКП 400. Для питания и регулирования частоты вращения приводного электродвигателя, главного электропривода перемещения фурмы, применены два преобразователя частоты, построенные на базе силовых IGBT – транзисторов, серии Sinamics S120,

блочного формата без рекуперации, со встроенным тормозным «ключом», производства фирмы SIEMENS. Один преобразователь рабочий, второй резервный. Переключение с рабочего преобразователя на резервный выполняется со стороны нагрузки при помощи силового ручного переключателя. Для осуществления управляемого торможения используются внешние тормозные резисторы. Для удержания и аварийного останова фурмы используются два электромагнитных тормоза ТКП-400 с форсированным пуском. Управление тормозами осуществляется от частотного преобразователя в функции тока нагрузки электродвигателя. Управление контактором форсировки тормоза осуществляется при помощи программируемого контроллера. Контроль целостности цепи питания катушек электромагнитных тормозов осуществляется при помощи реле минимального тока. Для питания тормозов используется выпрямитель =220В.

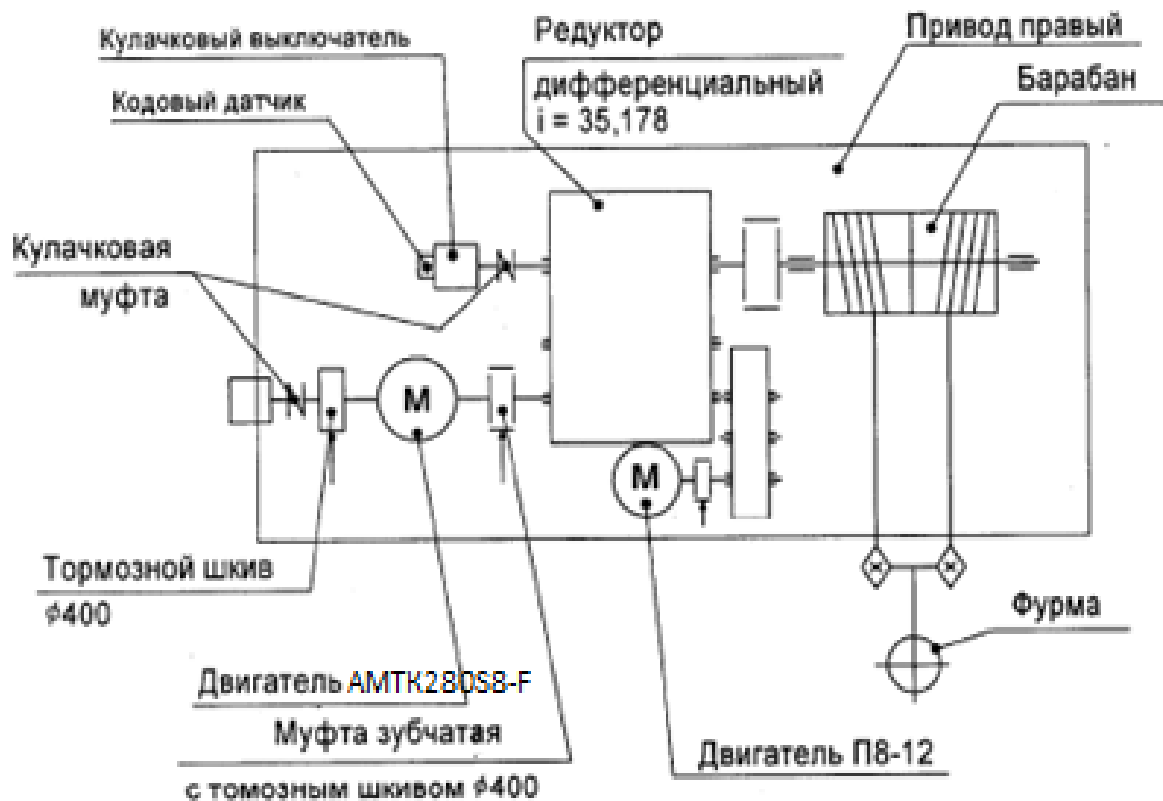


Рисунок 1.1- Кинематическая схема механизма подъема фурмы

Технические данные механизма подъема кислородной фурмы приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические данные механизма подъема кислородной фурмы

Параметр и обозначение	Значение
Подъемный вес фурмы, G_f , кН	85
Вес противовеса, $G_{гр}$, кН	0
Скорость передвижения рабочая, V_p , м/с	0,512
Скорость передвижения установочная, V_y , м/с	0,2
Предельно допустимое ускорение (замедление), a (b), м/с ²	1,1
Передаточное число редуктора, i	26,3
Коэффициент полезного действия:	
– редуктора, η_p	0,93
– канатной передачи, $\eta_{кан}$	0,87
Диаметр зубчатого колеса, d_k , м	0,386
Суммарный момент инерции механизма, приведённый к валу двигателя, $J_{мех}$, кг·м ²	1,49
Продолжительность работы за плавку, t_p , с	210
Рабочий цикл одной плавки, $t_{ц}$, мин	45
Число включений на подъём и опускание за время продувки	12
Цикл включает:	
– опускание вниз S_1 , м	14
– перемещения вверх-вниз, S_2 , м	0,5
– подъём фурмы вверх, S_3 , м	12,3

1.3 Требования к приводам и системе автоматизации

Требования к приводу:

1. Скорость подъема-опускания фурмы

-основная 0.512 м/с;

-минимальная 0.1 м/с;

-аварийная 0.07 м/с.

2. Время разгона-торможения при нормальной работе основного привода -3 сек.
3. Время разгона аварийного привода – 3 сек.
4. Точность остановки в позициях над конвертером и в верхнем положении - 50 мм.

Требования к системе автоматизации:

Фурма должна быть оборудована устройствами, обеспечивающими автоматическое отключение и вывод из рабочего пространства агрегата при отклонении параметров подаваемых кислорода, газа и охлаждающей воды от установленных норм.

Фурма должна быть оборудована устройствами исключающими её перемещение за установленные крайние (верхнее и нижнее) положения.

Система автоматического регулирования главного электропривода перемещения должна быть построена, как однозонная двухконтурная, с внутренними контурами регулирования активного и реактивного тока и внешним – скорости, без датчика скорости.

Управление тормозами фурмы должно осуществляться от частотного преобразователя в функции тока нагрузки электродвигателя.

При возникновении аварийных ситуаций системой управления должна быть предусмотрена аварийная остановка главного привода фурмы. Управление приводом фурмы должны быть возможно из двух мест, с ЦПУ и МПУ.

1.4 Выбор системы привода

1.Расчет статических моментов:

Необходимо рассчитать статический момент, приведённый к валу двигателя для наиболее сложного режима работы электропривода. Таким режимом является подъём фурмы. Статический момент при подъёме фурмы составит величину:

$$M_{\text{под}} = \frac{G_{\text{ф}} - G_{\text{гр}}}{i \cdot \eta_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к}}} \cdot \frac{d_{\text{к}}}{2} = \frac{(85 - 0) \cdot 10^3}{26,3 \cdot 0,93 \cdot 0,87} \cdot \frac{0,386}{2} = 725 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (1)$$

Угловая скорость вращения двигателя при работе на рабочей скорости находится по выражению:

$$\omega_{\text{дв р}} = \frac{V_{\text{р}} \cdot i}{d_{\text{к}}/2} = \frac{0,512 \cdot 26,3}{0,386/2} = 69,7 \text{ с}^{-1}. \quad (2)$$

Скорость вращения двигателя при работе на рабочей скорости:

$$n_{\text{дв р}} = \frac{\omega_{\text{дв р}} \cdot 30}{\pi} = \frac{69,7 \cdot 30}{\pi} = 665 \text{ об/мин}. \quad (3)$$

Необходимая мощность электродвигателя для статического момента $M_{\text{под}}$, приведённого к валу двигателя:

$$P_{\text{необ}} = M_{\text{под}} \cdot \omega_{\text{дв р}} = 725 \cdot 69,7 = 50533 \text{ Вт} \approx 51 \text{ кВт}. \quad (4)$$

2. Предварительный выбор двигателя:

Необходимо выбрать электродвигатель с номинальной скоростью вращения $n_{\text{н}} \geq n_{\text{дв р}}$ и мощностью $P_{\text{н}} > P_{\text{необ}}$. При этом следует учесть, что двигатель должен иметь запас по мощности для обеспечения пускового и тормозного режимов работы механизма подъёма кислородной фурмы.

Для привода механизма подъёма кислородной фурмы выбирается электродвигатель переменного тока краново-металлургической серии АМТК280S8- Γ номинальной мощностью 55 кВт, который и установлен на сегодняшний день в

механизме подъема. Данный двигатель специально изготовлен для работы в металлургических цехах при высоких температурах и повышенной запылённости. Двигатель имеет естественную вентиляцию. Технические данные выбранного двигателя приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Технические данные двигателя АМТК280S8-F

Параметр и обозначение	Значение
Номинальная мощность, P_n , кВт	55
Номинальное напряжение, U_n , В	380
Номинальный якорный ток, I_n , А	270
Номинальная частота вращения, n_n , об/мин	750
Максимальная частота вращения, n_{max} , об/мин	2100
Максимальный вращающий момент, M_{max} , Н·м	2130
Момент инерции якоря, J_y , кг·м ²	7
Номинальный момент, Нм	975
Перегрузочная способность по якорному току, λ_i	3

1.5 Расчет и построение нагрузочной диаграммы и тахограммы привода

Для проверки выбранного двигателя по перегрузке и перегреву необходимо рассчитать и построить нагрузочную диаграмму и тахограмму работы электропривода.

За начальный момент времени t_0 примем нахождение фурмы в крайнем вертикальном положении. Далее фурма опускается до высоты 5 м над уровнем металла со скоростью 0,512 м/с. После чего скорость опускания снижается до 0,2 м/с и происходит дальнейшее снижение до уровня металла. Общая высота опускания фурмы составляет 14м. Во время дутья фурма 12 раз поднимается и опускается на 0,5 м. После продувки фурма выводится из кессона на пониженной скорости (3,8 м), а затем возвращается в исходное верхнее положение на рабочей скорости.

При расчёте упрощённой нагрузочной диаграммы и тахограммы перемещения вниз/вверх на 0,5 м можно опустить, так как они происходят за столь малое время по сравнению с временем плавки (45 мин), что не оказывают существенного влияния на тепловой режим работы двигателя. Поэтому рассчитаем тахограмму для опускания и подъёма в начале и конце плавки соответственно.

Динамический момент при пусках и торможениях:

$$M_{\text{дин}} = 1,6 \cdot M_{\text{н}} = 1,6 \cdot 975 = 1560 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5)$$

Статический момент при опускании фурмы (двигатель работает в рекуперативном режиме) составит величину:

$$M_{\text{с1}} = M_{\text{опуск}} = \frac{G_{\text{ф}} - G_{\text{гр}}}{i} \cdot \frac{d_{\text{к}}}{2} \cdot \eta_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к}} = \frac{(85 - 0) \cdot 10^3}{26,3} \cdot \frac{0,386}{2} \cdot 0,93 \cdot 0,87 = 505 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (6)$$

Пусковой момент двигателя при опускании фурмы:

$$M_{\text{п1}} = -M_{\text{дин}} + M_{\text{опуск}} = -1560 + 505 = -1055 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (7)$$

Тормозной момент двигателя при опускании фурмы:

$$M_{\text{т1}} = M_{\text{дин}} - M_{\text{опуск}} = 1560 - 505 = 1055 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (8)$$

Суммарный момент инерции электропривода:

$$J_{\Sigma} = J_{\text{мех}} + J_{\text{я}} = 26 + 7 = 33 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (9)$$

Время разгона (торможения) до рабочей скорости:

$$t_{п1} = t_{т1} = \omega_{дв р} \cdot \frac{J_{\Sigma}}{M_{дин}} = 69,7 \cdot \frac{33}{2867} = 0,8 \text{ с.} \quad (10)$$

Угловая скорость вращения двигателя при работе на установочной скорости:

$$\omega_{дв у} = \frac{V_y \cdot i}{d_k / 2} = \frac{0,2 \cdot 26,3}{0,386/2} = 27,3 \text{ с}^{-1}. \quad (11)$$

Время разгона (торможения) до установочной скорости:

$$t_{п2} = t_{т2} = \omega_{дв у} \cdot \frac{J_{\Sigma}}{M_{дин}} = 27,3 \cdot \frac{33}{2867} = 0,3 \text{ с.} \quad (12)$$

Время торможения с рабочей до установочной скорости (время разгона с установочной до рабочей скорости):

$$t_{т3} = t_{п3} = (\omega_{дв р} - \omega_{дв у}) \cdot \frac{J_{\Sigma}}{M_{дин}} = (69,7 - 27,3) \cdot \frac{33}{2867} = 0,49 \text{ с.} \quad (13)$$

Путь, пройденный за время разгона (торможения до рабочей скорости):

$$S_{п1} = S_{т1} = \frac{a \cdot t_{п1}^2}{2} = \frac{1,1 \cdot 0,8^2}{2} = 0,35 \text{ м.} \quad (14)$$

Время опускания фурмы на рабочей скорости 0,512 м/с до высоты 5 м от уровня металла при статическом моменте $M_{с1}$:

$$t_{p1} = \frac{S_1 - S_{п1} - 5}{V_p} = \frac{16 - 0,77 - 5}{0,76} = 13,5 \text{ с.} \quad (15)$$

Пути, пройденные за время разгона (торможения) до установочной скорости и с установочной до рабочей скорости соответственно:

$$S_{п2} = S_{т2} = \frac{a \cdot t_{п2}^2}{2} = \frac{1,1 \cdot 0,3^2}{2} = 0,05 \text{ м,} \quad (16)$$

$$S_{п3} = S_{т3} = \frac{a \cdot t_{п3}^2}{2} = \frac{1,1 \cdot 0,49^2}{2} = 0,13 \text{ м.}$$

Время опускания на установочной скорости (5 м от уровня металла):

$$t_{y1} = \frac{5 - S_{т3} - S_{т2}}{V_y} = \frac{5 - 0,13 - 0,05}{0,2} = 24,1 \text{ с.} \quad (17)$$

Пауза между полным подъёмом и опусканием фурмы принимается равной 1 мин. Затем фурма выводится из конвертера на скорости 0,5 м/с (до высоты 3,8 м над уровнем металла).

Пусковой момент двигателя при подъёме фурмы:

$$M_{п2} = M_{дин} + M_{под} = 1560 + 505 = 2065 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (18)$$

Тормозной момент двигателя при подъёме фурмы:

$$M_{т2} = -M_{дин} + M_{под} = -1560 + 505 = -1055 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (19)$$

Время подъема на установочной скорости (при статическом моменте $M_{с2} = M_{под} = 505 \text{ Н}\cdot\text{м}$):

$$t_{y2} = \frac{3,8 - S_{п2} - S_{п3}}{V_y} = \frac{3,8 - 0,13 - 0,05}{0,2} = 18,1 \text{ с.} \quad (20)$$

Время подъема на рабочей скорости до крайнего верхнего положения:

$$t_{p2} = \frac{S_3 - S_{т1}}{V_p} = \frac{12,3 - 0,8}{0,512} = 22,5 \text{ с.} \quad (21)$$

Зависимости момента двигателя (нагрузочная диаграмма) и скорости перемещения фурмы (тахограмма) представлены на рисунке 1.2.

Время полного цикла равно:

$$\begin{aligned} T_{ц} &= 2 \cdot t_{п1} + t_{p1} + 2 \cdot t_{п2} + t_{y1} + 2 \cdot t_{п3} + t_{p2} + t_{y2} + t_{паузы} = \\ &= 2 \cdot 0,8 + 13,5 + 2 \cdot 0,3 + 24,1 + 2 \cdot 0,49 + 22,5 + 18,1 + 60 = 142,18 \text{ с.} \end{aligned} \quad (22)$$

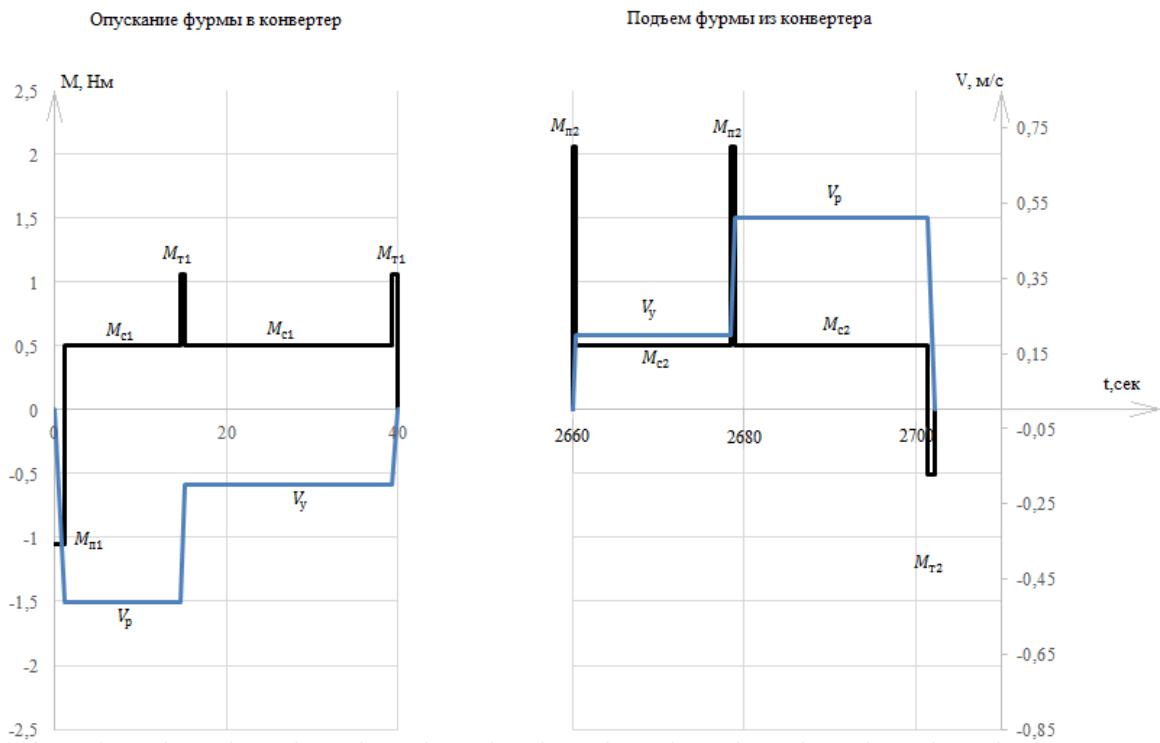


Рисунок 1.2 – Нагрузочная диаграмма и тахограмма работы механизма подъёма фурмы при полном подъёме и опускании

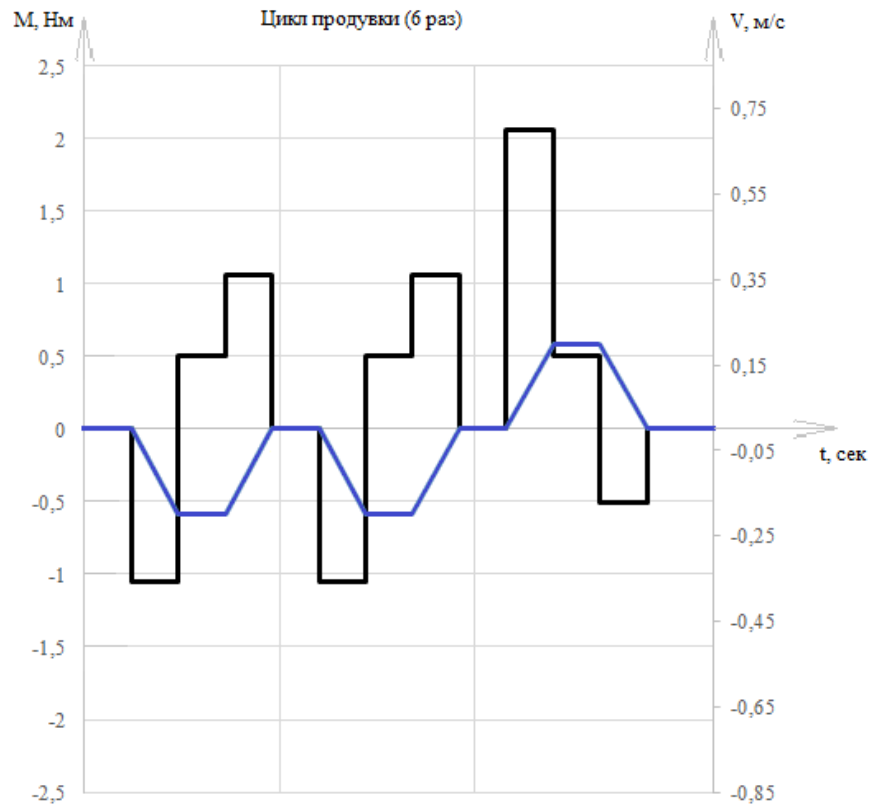


Рисунок 1.3-Нагрузочная диаграмма и тахограмма работы механизма во время цикла продувки

Проверка по перегреву ведётся методом эквивалентного момента. Необходимо вычислить эквивалентный момент за время работы электропривода $T_{ц}$. Эквивалентный момент равен:

$$M_{э} = \sqrt{\frac{(M_{п1}^2 + M_{т2}^2) \cdot t_{п1} + M_{с1}^2 \cdot t_{с1} + (M_{т1}^2 + M_{п2}^2) \cdot t_{п3} + M_{с1}^2 \cdot t_{y1} + (M_{т1}^2 + M_{п2}^2) \cdot t_{п2} + M_{y2}^2 \cdot t_{y2} + M_{п2}^2 \cdot t_{п2}}{T_{ц}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{42038005}{144,78}} = 539 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (23)$$

Фактическая продолжительность включения электропривода:

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{t_{ц}}{T_{ц}} = \frac{144,78 - 60}{144,78} = 0,59, \quad (24)$$

где $t_{ц}$ – время цикла фактической работы привода (время общего цикла без пауз в работе).

Так как $M_{э} < (\varepsilon_{\phi})^{1/2} \cdot M_{н} = 748 \text{ Н} \cdot \text{м}$, то выбранный двигатель проходит по нагреву.

Так как максимальный момент электродвигателя за время работы механизма подъёма кислородной фурмы $M_{\max \text{ ц}} = 2065 \text{ Н} \cdot \text{м}$ меньше максимального момента двигателя $M_{\max} = 2130 \text{ Н} \cdot \text{м}$, то двигатель проходит и по перегрузке.

1.6 Выбор основного силового оборудования

Выбор и характеристика преобразователя частоты на транзисторах.

В нашем случае мы оставим прежний преобразователь SINAMICS S120, так как он подходит по всем параметрам.

Потребляемый двигателем ток должен быть меньше, номинального тока ПЧ, приведенного в спецификации:

$$I_{\text{потр}} = \frac{k \cdot n \cdot M}{9.55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot V \cdot \sqrt{3}} = \frac{1 \cdot 750 \cdot 975}{9.55 \cdot 0.93 \cdot 0.8 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} = 156,4 \text{ А} \quad (25)$$

Где:

k -коэффициент искажения тока

n -частота вращения вала двигателя об/мин

M -номинальный момент двигателя

$$I_{\text{потр}} < I_{\text{номПЧ}} \quad (26)$$

$$156,4 < 178$$

Ток потребляемый двигателем при разгоне не должен превышать пускового тока, приведенного в спецификации на ПЧ:

$$I_{\text{потр.р}} = \frac{k \cdot n}{9.55 \cdot \eta \cdot \cos \varphi \cdot V \cdot \sqrt{3}} \cdot (M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}) = \frac{1 \cdot 665}{9,55 \cdot 0,93 \cdot 0,8 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} (725 + 505) = 175,89 \text{ А} \quad (27)$$

Где n - частота вращения, об/мин до которой нужно разогнать двигатель за время t .

$$I_{\text{потр.р}} < I_{\text{пуск.ПЧ}} \quad (28)$$

$$175,89 < 178$$

Дополнительно ПЧ оснащен следующей аппаратурой:

- автоматическим выключателем;
- предохранителями;
- сетевым контактором;
- входными и выходными дросселями;
- силовым переключателем статорной цепи (выбор рабочего преобразователя);

- линейным контактором;
- группой реле;

Питание преобразователя частоты осуществляется через быстродействующие предохранители и сетевой контактор, управляемый модулем управления частотного преобразователя.

Sinamics S120 - это модульные преобразователи частоты, разработанные для высокопроизводительных решений в станко- и машиностроении. SINAMICS S120 позволяет свободно комбинировать привод различной мощности и функциональности.

Силовая схема частотного преобразователя приведена на рисунке 1.4.

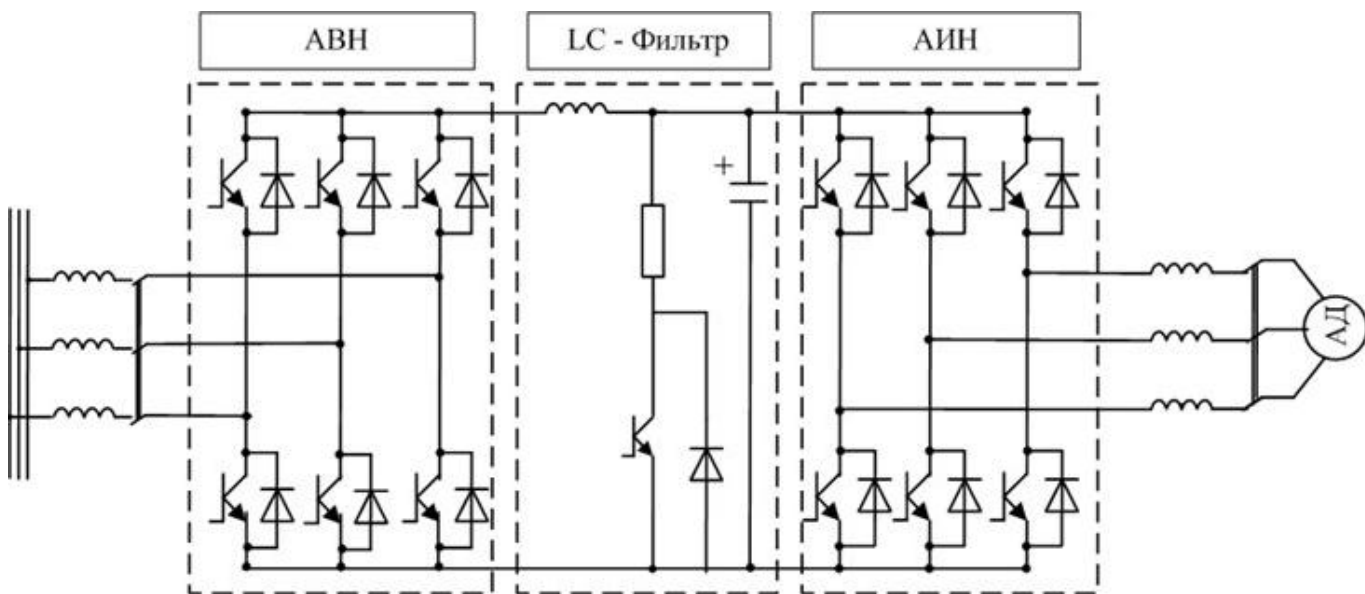


Рисунок 1.4 - Силовая схема частотного преобразователя

1.7 Защита привода, расчет уставок защитных устройств

Абсолютные датчики предназначены для контроля перемещения фурм. На фурме установлено два датчика один основной, второй резервный. Положение фурмы соответствует определенному углу поворота и количеству оборотов вала датчика. Для индикации положения фурмы относительно нулевой отметки величина указанного угла в виде двоичного кода, в абсолютном датчике, передается в ПЛК по

сети ProfibusDP. На основании показаний основного датчика ПЛК формирует управляющие сигналы для управления движением фурмы и ее остановки в заданных позициях. Сравнивая показания основного и резервного датчиков, ПЛК определяет их техническую исправность. При рассогласовании показаний более чем ± 50 мм выдается сигнал о неисправности одного из датчиков. Какой именно датчик неисправен - определяется оперативным персоналом.

Сигналы, от каждого датчика, преобразованные в значения высоты, а также разница значений между основным и резервным датчиком отображается на АРМе.

Кулачковые командоаппараты предназначены для выдачи дискретных сигналов, на определенных позициях фурмы, в главный привод, привод аварийного подъема, смежные системы и в существующую систему АСУ ТП, а также используются для реализации некоторых аварийных блокировок.

Аварийные конечные выключатели крайнего верхнего положения каретки используется как дублирующие при неисправности основного блока датчиков. Рычаг этого выключателя взаимодействует с кареткой через трос с грузиками.

Тензодатчики необходимы для измерения нагрузки на канаты подъемной лебедки. Аналоговые сигналы, генерируемые этими датчиками, поступают на адаптер связи и передаются в ПЛК для дальнейшей индикации рассчитанных нагрузок на АРМе.

Датчики аварийного ослабления канатов используются как элемент аварийного отключения и диагностики механической части привода фурмы.

В нормальном режиме при работе основного привода для измерения нагрузки на канаты подъемной лебедки ПЛК использует сигналы, как от тензодатчиков, так и от датчиков аварийного ослабления канатов.

Для удержания и аварийного останова фурмы используется два электромагнитных тормоза ТКП-400 с форсированным пуском. Управление тормозом фурмы осуществляется от частотного преобразователя в функции тока нагрузки электродвигателя. Управление контактором форсировки тормоза осуществляется при помощи программируемого контроллера. Контроль целостности цепи питания катушек электромагнитных тормозов осуществляется при

помощи реле минимального тока. Для питания тормозов используется нестабилизированный выпрямитель $=220\text{В}$, 00Гц .

Для контроля аварийного верхнего положения фурмы предусмотрен конечный выключатель.

Для защиты тиристоров от внутренних коротких замыканий применяются специальные быстродействующие плавкие предохранители.

Защита силовой части электропривода от перегрузки и внешних коротких замыканий на стороне постоянного тока обеспечивается быстродействующим автоматическим выключателем.

При внешних кз и опрокидываниях инвертора защита, должна отключать преобразователь со стороны постоянного тока, при внутренних коротких замыканиях защита должна отключать весь преобразователь.

2 РАЗРАБОТКА САУ

2.1 Разработка и описание архитектуры системы автоматизации кислородной фурмы

Описание исследуемой кислородной фурмы

Фурма-устройство для подвода дутья в металлургической печи, для продувки жидкой металлической ванны кислородом при выплавке стали или цветных металлов, а также для продувки жидкого металла в ковше нейтральными газами или вдуваемых в него порошкообразных реагентов.

На рисунке 2.1 изображена схема подъема и опускания кислородной фурмы в конвертер.

Кислородная фурма состоит из:

- Основной двигатель механизма подъема фурмы типа АМТК280S8-F, асинхронный переменного тока с короткозамкнутым ротором, краново-металлургической серии, вентилируемый, напряжение - ~380В, 50Гц изоляция класса F, перегрузочная способность - 2.25 от номинального тока. Мощность в режиме S1 - 55кВт, ток - 113А, частота вращения - 735об/мин. при ПВ=25% - 79кВт, ток -150А;
- Тормоза типа ТКП-400, $U=110В$, 850Вт, ПВ25% колодочного типа с электромагнитами - 2 шт;
- Командоаппарат кулачковый типа 51/1D NMH-899-B3/5 IP65- 1 шт;
- Конечный выключатель (рычаг с роликом) крайнего верхнего положения каретки типа ПП 741 У2 - 1 шт;
- Конечные выключатели (ослабление канатов) типа Schmersal - 2 шт;
- Тензодатчик RTN 0.01/4,7 t - 1 шт;
- Кодовые датчики PVM58N-011AGR0BN-1213 - 2 шт;
- Местный пульт управления (МПУ);

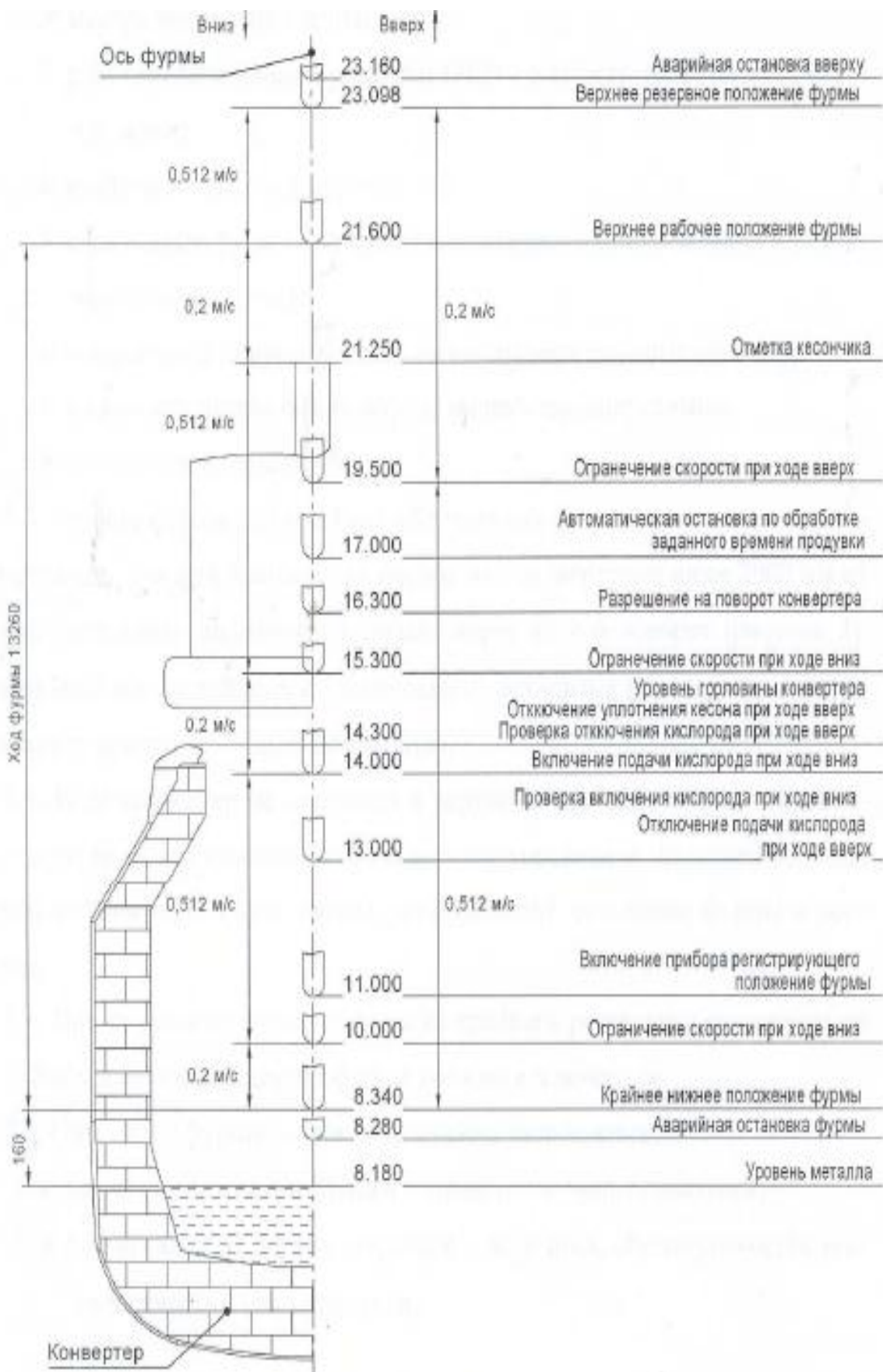


Рисунок 2.1 - Схема подъема и опускания кислородной фурмы в конвертер

Архитектура системы автоматизации

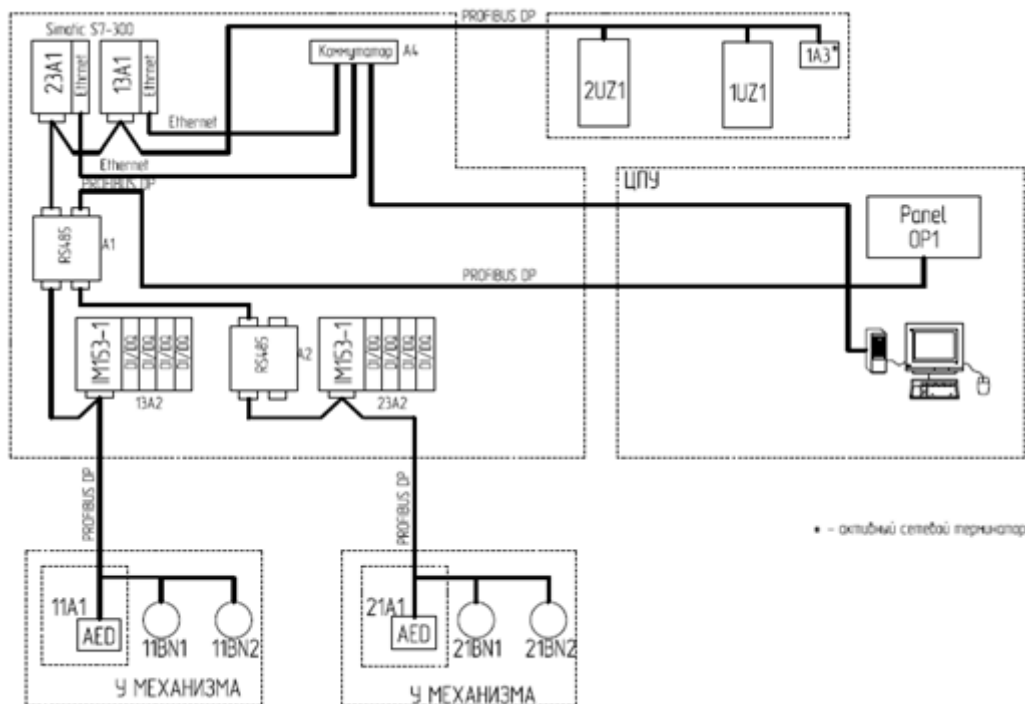


Рисунок 2.2 - Структура автоматизированной системы кислородной фурмы

Автоматизированная система кислородной фурмы включает в себя:

1) MES (Manufacturing Execution System) – система исполнения производства (управление технологией). С этого уровня отправляются данные параметры для технологического процесса на пульт оператора по сети PROFIBUS.

2) В качестве средств управления используется частотный преобразователь и программируемый контроллер с двумя процессорными модулями, один рабочий второй резервный (один находится в холодном резерве). Дополнительно частотный преобразователь оснащен следующей аппаратурой:

- автоматическим выключателем;
- предохранителями;
- сетевым контактором;
- входными и выходными дросселями;
- силовым переключателем статорной цепи (выбор рабочего преобразователя);

- линейным контактором;
- группой реле;

3) Для управления частотным преобразователем, а так же контроля срабатывания технологических блокировок, блокировок с приводом поворота конвертора и системами подачи энергоносителей используется программируемый контроллер типа Simatic S7-300 с двумя процессорными модулями и станциями удаленного ввода вывода;

4) Механизм оснащен двумя приводами подъема: основным - электрическим и аварийным - пневматическим.

Основной привод подъема фурмы предназначен для перемещения фурмы в вертикальной плоскости с заданной скоростью. А так же для установки ее в заданные позиции (высоты) в процессе ведения плавки или сушки конвертора.

Аварийный пневмопривод предназначен для подъема фурмы в верхнее положение на низкой скорости в случае неисправности основного привода или отключения питающего напряжения.

2.2 Выбор контроллеров и датчиков технологических координат

На каждом механизме фурмы установлены следующие датчики:

а) абсолютные датчики – предназначены для контроля перемещения фурмы. На фурме установлено два датчика, один основной, второй резервный. Положение фурмы соответствует определенному углу поворота и количеству оборотов вала датчика. Для индикации положения фурмы относительно нулевой отметки величина указанного угла в виде двоичного кода, в абсолютном датчике, передается в ПЛК по сети ProfibusDP. На основании показаний основного датчика ПЛК формирует управляющие сигналы для управления движением фурмы и ее остановки в заданных позициях в соответствии с рис. 2.1. Сравнивая показания основного и резервного датчиков, ПЛК определяет их техническую исправность. При рассогласовании показаний более чем ± 50 мм выдается сигнал о неисправности одного из датчиков. Какой именно датчик неисправен - определяется оперативным персоналом.

Сигналы, от каждого датчика, преобразованные в значения высоты, а также разница значений между основным и резервным датчиком отображается на АРМе;

б) кулачковый командоаппарат– предназначен для выдачи дискретных сигналов, на определенных позициях фурмы, в главный привод, привод аварийного подъема, смежные системы и в существующую систему АСУ ТП, а также используются для реализации некоторых аварийных блокировок;

в) аварийные конечные выключатели крайнего верхнего положения каретки-используется как дублирующие при неисправности основного блока датчиков. Рычаг этого выключателя взаимодействует с кареткой через трос с грузинками;

г) датчики действующего на канаты усилия - тензодатчики– необходимы для измерения нагрузки на канаты подъемной лебедки. Аналоговые сигналы, генерируемые этими датчиками, поступают на адаптер связи и передаются в ПЛК для дальнейшей индикации рассчитанных нагрузок на АРМе.;

д) бесконтактные датчики аварийного ослабления канатов - используются как элемент аварийного отключения и диагностики механической части привода фурмы;

е) бесконтактные датчики состояния калиток входа на площадки для обслуживания;

ж) бесконтактные датчики позиции калибровки;

В нормальном режиме при работе основного привода для измерения нагрузки на канаты подъемной лебедки ПЛК использует сигналы, как от тензодатчиков, так и от датчиков аварийного ослабления канатов.

Сигналы управления с контроллера идут на исполнительные механизмы. В свою очередь датчики исполняют роль обратной связи и передают данные о работе исполнительных механизмов в контроллер. Контроллер передает полученные данные на пульт оператора. Далее оператор в виде отчета отправляет полученные данные на верхний уровень автоматизации где все данные обрабатываются.

АСУЭП машины подачи кислорода МПК-160-550 построена по трехуровневой схеме.

Нижний уровень составляют частотные преобразователи, датчики, органы управления центрального и местного пультов управления, а также исполнительные механизмы.

Средний уровень составляет программируемый логический контроллер (ПЛК).

Верхний уровень составляет сенсорная панель оператора и система визуализации.

АСУЭП построена с использованием программируемого контроллера фирмы Siemens серии Simatic S7-300.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) состоит из двух процессорных шасси (рабочего и резервного) и трёх шасси удалённого ввода/вывода. В случае выхода из строя рабочего шасси, переход на резервное шасси осуществляется с помощью переключателя, расположенного на двери шкафа контроллера.

Каждое процессорное шасси состоит из процессорного модуля типа CPU315-2DP и модуля сети Ethernet типа CP-343-1 Lean.

Шасси удалённого ввода/вывода обеспечивает приём сигналов фурмы.

Питание процессорных шасси, удалённых станций ввода/вывода фурмы, панели оператора осуществляется через источник бесперебойного питания от двух источников питания напряжением =24В через модуль резервирования.

Связь между процессорным модулем и шасси ввода/вывода осуществляется по сети Profibus DP.

Выполнение рабочей программы осуществляется в процессорном модуле типа CPU315-2DP, имеющем стандартные интерфейсные разъёмы сетей MPI и Profibus-DP.

В качестве модулей ввода/вывода применяются шестнадцати канальные модули с напряжением =24В и организацией двух группы по восемь каналов.

С помощью кулачковых командоаппаратов контролируются следующие технологические и аварийные положения фурмы:

- положение «Замена» фурмы;
- аварийное нижнее положение фурмы;
- разрешение на поворот конвертера;

- отключение пневмораспределителя привода аварийного подъёма;
- закрытие/открытие отсечных клапанов.

Для повышения надёжности выдачи сигнала аварийного нижнего положения фурмы

используется два последовательно включённых кулачка командоаппарата.

Кулачки командоаппарата, за исключением кулачка отключения пневмораспределителя, запитываются напряжением ~220В, 50 Гц.

Питание концевых выключателей верхнего аварийного положения фурмы, датчиков провисания канатов, индуктивных датчиков контроля положения калиток на платформу и индуктивных датчиков реперных точек, органов управления местного поста управления осуществляется напряжением 220В, 50 Гц. Для приёма данных сигналов в ПЛК применяются развязывающие реле фирмы Siemens.

В системе управления предусмотрен контроль натяжения канатов механизма подъёма фурмы с использованием тензодатчика типа RTN 0.05/10т/VEN, установленного под одной из опор барабана. Информация о нагрузке на опору передаётся от тензодатчика по сети Profibus DP. Преобразование сигнала осуществляется с использованием нормирующего усилителя/преобразователя AED9301A фирмы HBM.

Питание и управление электродвигателем фурмы осуществляется от преобразователя частоты Sinamics S120 фирмы Siemens. Управление преобразователем частоты осуществляется по сети Profibus DP. Управление включением/отключением электромагнитов тормозов осуществляется частотным преобразователем. Питание компонентов АСУ осуществляется через источник бесперебойного питания, установленный в шкафу контроллера.

Центральный пульт управления содержит:

- операторскую панель типа Simatic MP377, оснащённую 12'' экраном с сенсорным управлением. Панель используется для выбора режима управления (ручной, полуавтоматический, автоматический), управления позиционированием фурмы в полуавтоматическом режиме, а также для

отображения состояния машины подачи кислорода. Связь ПЛК с операторской панелью осуществляется по сети Profibus.

Центральный пульт оснащен следующими органами управления:

- Ключ-бирка, определяющая место управления;
- манипулятор типа «джойстик» для управления движением фурмы;
- кнопки управления аварийным приводом подъёма;
- кнопка «СТОП» с грибовидным толкателем и фиксацией в нажатом состоянии;
- светосигнальная арматура обеспечивающая сигнализацию готовности главного и аварийного приводов, аварии.

2.3 Выбор и разработка функциональной схемы САР привода проектируемого агрегата

Объектом управления в данной схеме выступает асинхронный двигатель переменного тока. Скорость вращения двигателя регулируется с помощью преобразователя частоты Sinamics S120 производства фирмы SIEMENS.

Позиционирование фурмы осуществляется с использованием абсолютных энкодеров PVM-581-011-agr/bn-1213 (Profibus) фирмы Pepperl-Fuchs. Один из них устанавливается на валу редуктора кулачкового командоаппарата, второй – на валу двигателя. Связь датчиков с ПЛК осуществляется по сети Profibus. Позиционирование фурмы осуществляется по одному из датчиков. При превышении расхождения показаний датчиков, на заданную величину (определяется при наладке), один из датчиков, по выбору персонала, исключается из работы.

На рисунке 2.3 представлена функциональная схема работы привода кислородной фурмы.

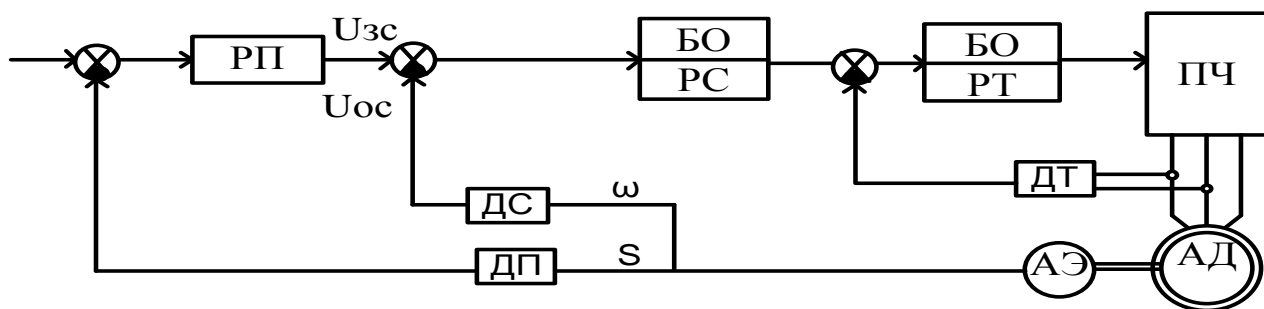


Рисунок 2.3 - Функциональная схема работы привода кислородной фурмы:
 РП-регулятор положения; РС-регулятор скорости; БО-блок ограничения; ПЧ-преобразователь частоты; АЭ-абсолютный энкодер.

2.4 Разработка контура регулирования технологических координат, структурной схемы САУ и моделирование типовых режимов работы привода

На рисунке 2.4 представлена общая структурная схема привода кислородной фурмы.

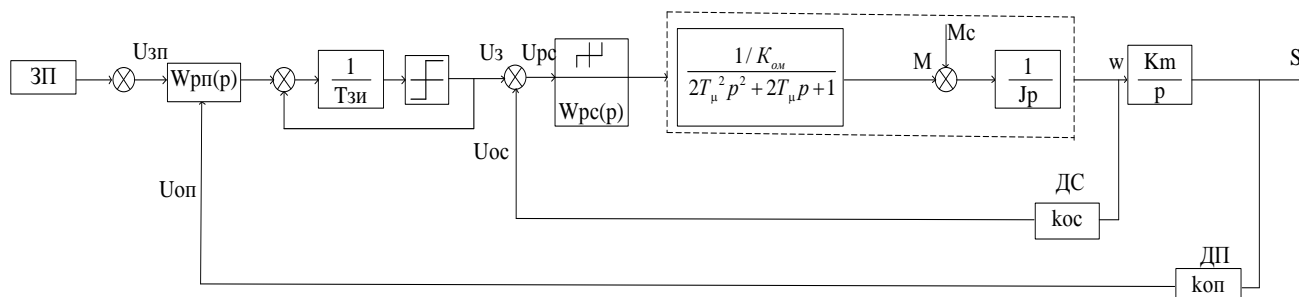


Рисунок 2.4 – Структурная схема привода кислородной фурмы

В структурной схеме АД имеются перекрестные обратные связи, которые необходимо компенсировать системой управления. Использование в системе управления связей, компенсирующих основные нелинейности АД, как элемента системы автоматического управления, позволяет получить математическое описание динамических режимов АД с системой векторного управления, которое аналогично математическому описанию подобных режимов для двигателя постоянного тока при двухзонном регулировании скорости. Сказанное позволяет

также применить для асинхронного электропривода разработанные для приводов постоянного тока принципы подчиненного регулирования.

Упрощенная структурная схема системы автоматического регулирования (САР) скорости АД приведена на рис.2.5.

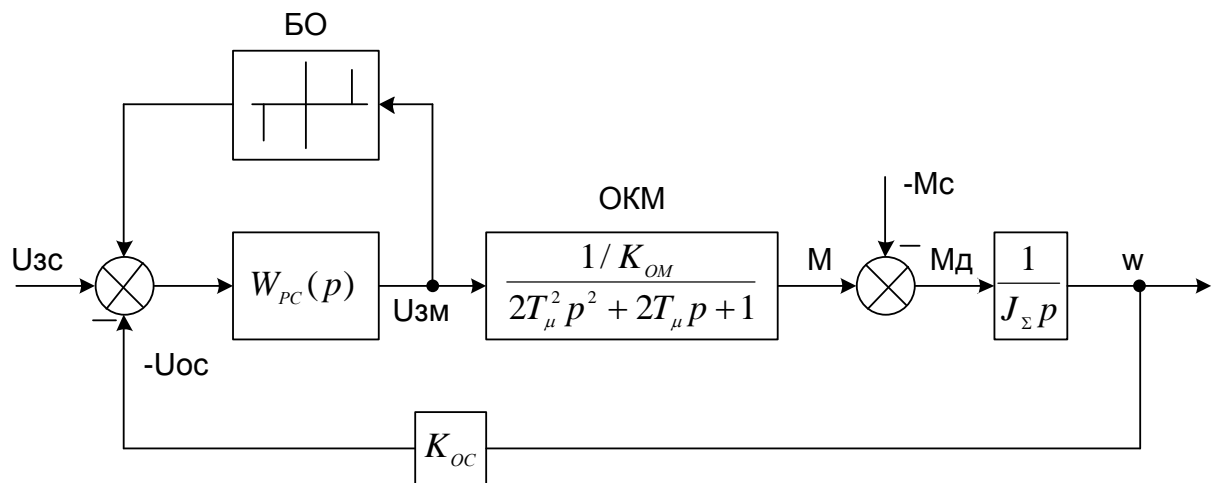


Рисунок 2.5 - Упрощенная структурная схема регулирования моментом и скоростью АД

Система автоматического регулирования состоит из внутреннего оптимизированного контура регулирования момента (ОКМ), который настроен на оптимум.

В этом случае он представляет собой апериодическое звено второго порядка.

Значение некомпенсированной постоянной времени принимается равным $T_{\mu}=0,001$ с.

Определим параметры контура регулирования скорости в случае аппроксимированного ОК.

Передаточная функция объекта регулирования имеет следующий вид:

$$W_{об}(p) = \frac{1}{Jp}; \quad (29)$$

Передаточная функция контура тока (момента) с некомпенсированной постоянной времени имеет вид:

$$W(p) = \frac{1/k_m}{a_{\mu m} \cdot T_{\mu m}^2 + a_{\mu m} \cdot T_{\mu m} p + 1}; \quad (30)$$

Для упрощения синтеза регулятора нужно принимать порядок передаточной функции контура момента, и считать, что передаточная функция контура момента имеет вид:

$$W_M(p) = \frac{1/k_m}{a_{\mu m} \cdot T_{\mu m} p + 1} = \frac{1/k_m}{T_{\mu c} p + 1}; \quad (31)$$

где:

$T_{\mu c} = a_{\mu r} \cdot T_{\mu m}$ - малая некомпенсированная контура скорости;

$a_{\mu c} = 1 \div 6$ коэффициент настройки на модульный оптимум;

$a_{\mu c} = 2$ - стандартный коэффициент настройки на модульный оптимум.

При настройке на модульный оптимум, разомкнутый контур скорости должен иметь передаточную функцию:

$$W(p) = \frac{1}{a_{\mu c} \cdot T_{\mu c} p \cdot (T_{\mu c} + 1)}; \quad (32)$$

Передаточная функция регулятора скорости при настройке на модульный оптимум можно найти, если приравнять:

$$W(p)_{\text{КС}}^p = W(p)_{\text{КСМО}}^p; \quad (33)$$

$$W(p)_{\text{рсмо}} \cdot \frac{1/k_m}{T_{\mu c} p + 1} \cdot \frac{1}{J p} \cdot k_c = \frac{1}{a_{\mu c} \cdot T_{\mu c} p \cdot (T_{\mu c} p + 1)}; \quad (34)$$

Следовательно, регулятор скорости должен иметь вид:

$$W(p)_{\text{рсмо}} = \frac{k_m \cdot J}{a_{\mu c} \cdot k_c \cdot T_{\mu c}} = k_{\text{рс}}; \quad (35)$$

т.е. при настройке на модульный оптимум в качестве регулятора применяется П-регулятор. Тогда передаточная функция контура скорости по задающему воздействию при настройке на модульный оптимум имеет вид:

$$W(p)_{\text{кс}} = \frac{1}{k_c} \cdot \frac{1}{a_{\mu c} \cdot T_{\mu c}^2 p^2 + a_{\mu c} \cdot T_{\mu c} p + 1}. \quad (36)$$

Для синтеза регулятора скорости в программе MatLab Simulink в полученные передаточные функции вставим значения из таблицы 2.1:

Таблица 2.1 – расчеты параметров моделирования

T_{μ}	$k_{\text{ом}}$	J	C	$k_{\text{рс}}$	$k_{\text{рп}}$	$k_{\text{оп}}$
0.001	0,004 1	26	0.068	22,46	0,239	0,71

На рисунке 2.6 представлена математическая модель контура скорости.

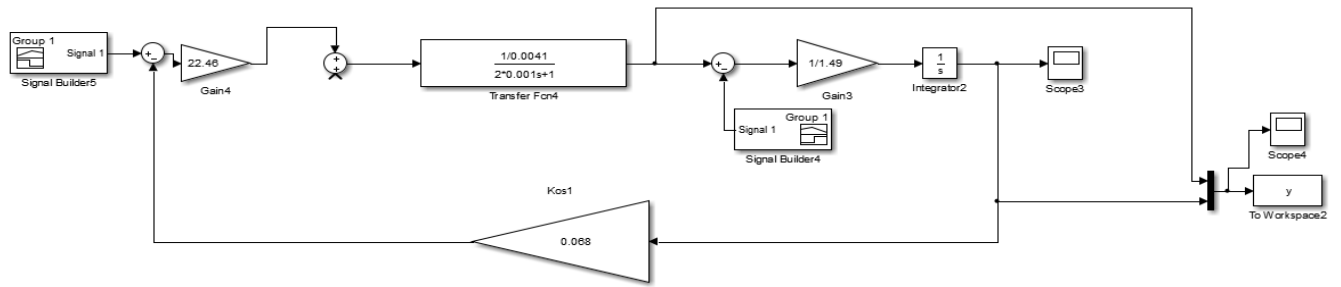


Рисунок 2.6 - Математическая модель контура скорости

k_{pc} – коэффициент регулятора скорости, равный:

$$k_{pc} = \frac{J_{k_{OM}}}{4T_{\mu}k_{OC}} = \frac{1,49 \cdot 0,0041}{4 \cdot 0,001 \cdot 0,068} = 22,46 \quad (37)$$

,где k_{OM} – коэффициент обратной связи по моменту, равный:

$$k_{OM} = \frac{U_{з.с.ном.}}{\lambda M_{max}} = \frac{10}{2,5 \cdot 975} = 0,0041 \quad (38)$$

k_{OC} – коэффициент обратной связи по скорости, равный:

$$k_{OC} = \frac{U_{з.с.ном.}}{\omega_{max}} = \frac{10}{146,6} = 0,068 \quad (39)$$

Расчетная структурная схема системы позиционирования приведена на рис.2.7.

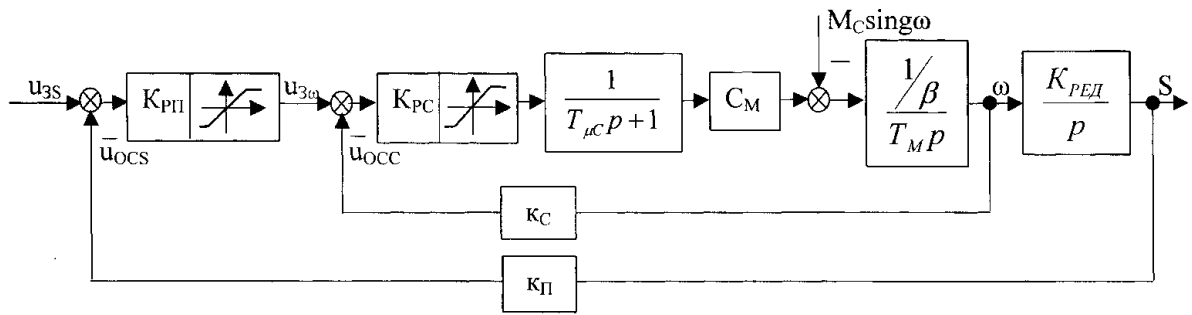


Рисунок 2.7 - Структурная схема контура положения.

Объект регулирования контура положения будет иметь передаточную функцию:

$$W(p)_{\text{ор}} = \frac{k_{\text{ред}}}{p}; \quad (40)$$

Так как при настройке контура положения на МО система является статической относительно возмущения по моменту, то точность позиционирования зависит от величины коэффициента усиления регулятора положения K_{PII} и от момента сопротивления M_c . Чтобы система точно перемещала рабочий механизм в заданное положение, величина коэффициента усиления K_{PII} должна определяться соотношением:

$$K_{PII} = \frac{K_C}{K_{\Pi}} \sqrt{\frac{4\varepsilon_0 \left(1 + M_c / M_{\text{максдоп}}\right)}{S_{3П} \left(1 - M_c / M_{\text{максдоп}}\right)}} \quad (41)$$

где ε_0 – ускорение торможения при $M_c=0$.

Контур скорости для расчета регулятора положения принимает вид апериодического звена с малой некомпенсированной постоянной времени:

$$W(p) = \frac{1/k_c}{T_{\mu p} + 1};$$

$$T_{\mu p} = 2 \cdot T_{\mu c} = 4 \cdot T_{\mu}; \quad (42)$$

Настроим контур положения на технический оптимум что приведет к П-регулятору. Отсутствие ошибки по контуру положения обеспечивается астатизмом системы второго порядка, что достигнуто благодаря использованию настройки контура скорости на симметричный оптимум. Передаточная функция П-регулятора положения определяется как:

$$W(p)_{\text{рп}}^{\text{мо}} = \frac{k_c}{K_{\text{ред}} k_a m_{\text{сл}} T_{\mu \text{сл}}} = K_{\text{рп}}^{\text{мо}} \quad (43)$$

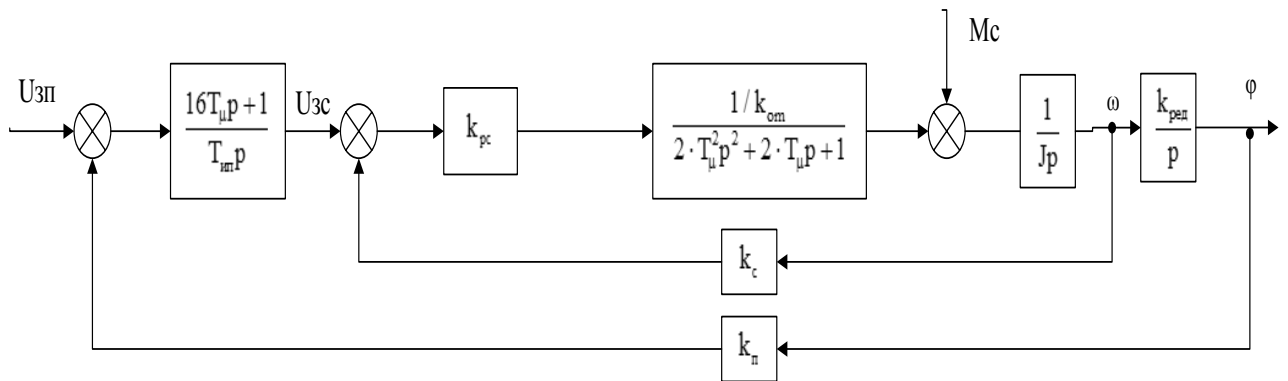


Рисунок 2.8- Структурная схема контуров регулирования скорости и положения

Подставив значения из таблицы 2.1 в математическую модель (рисунок 2.9) получим графики переходных процессов.

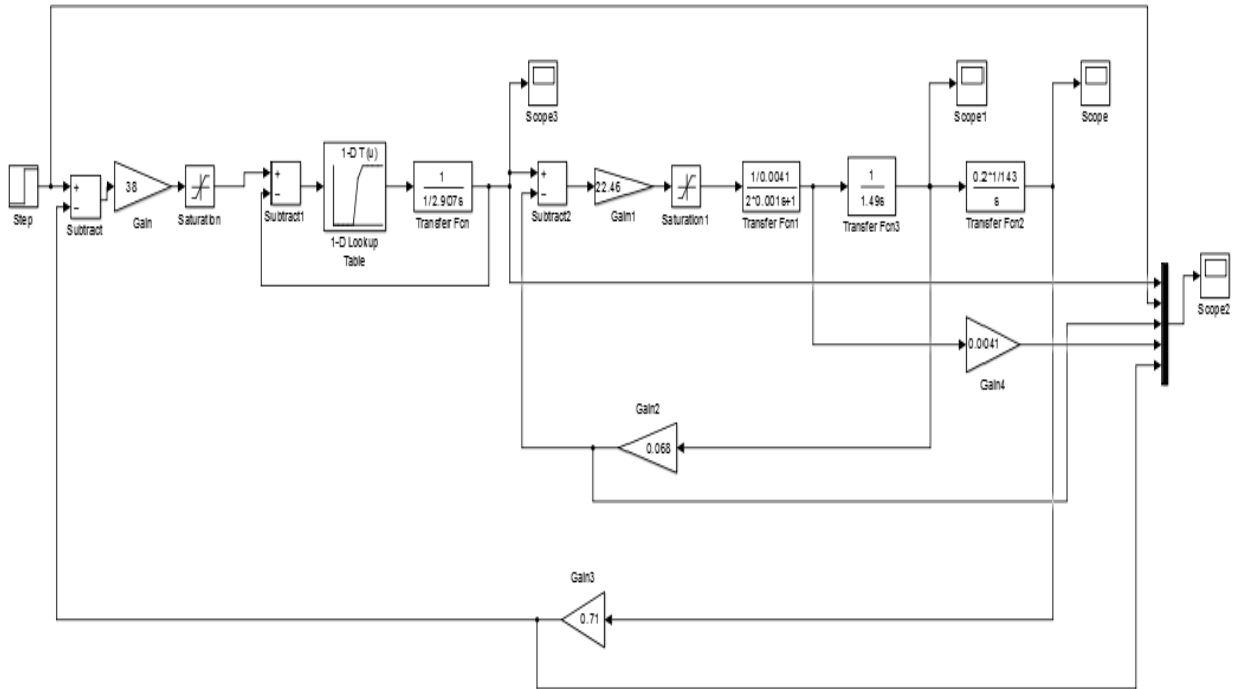


Рисунок 2.9 - Математическая модель контуров скорости и перемещения

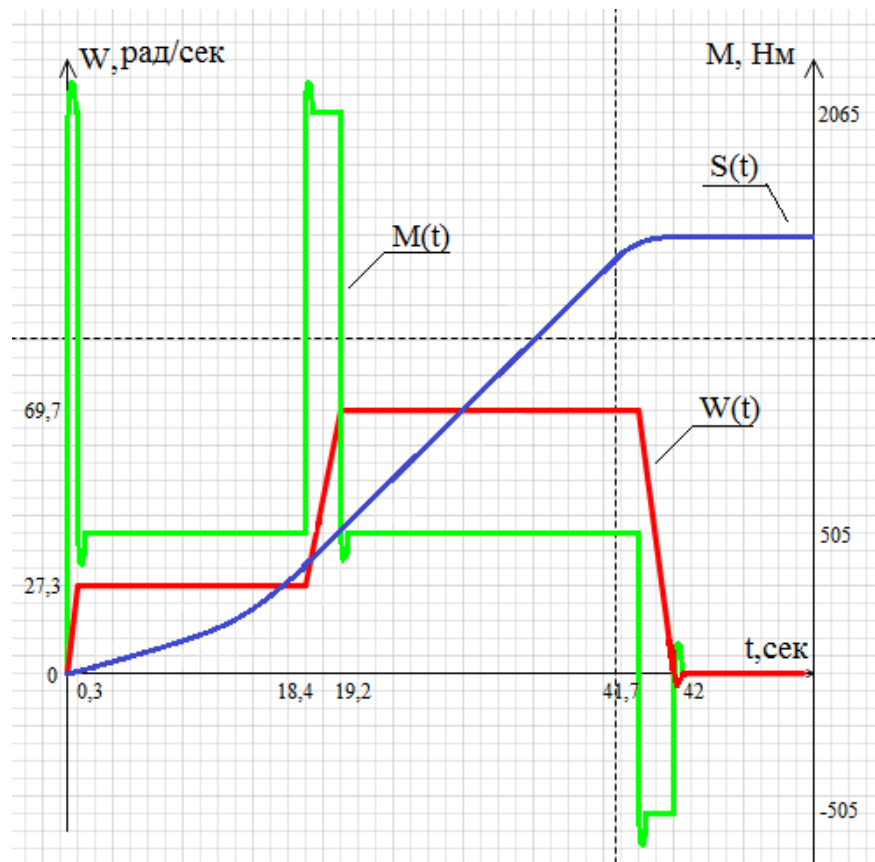


Рисунок 2.10 - Обработка больших перемещений под нагрузкой

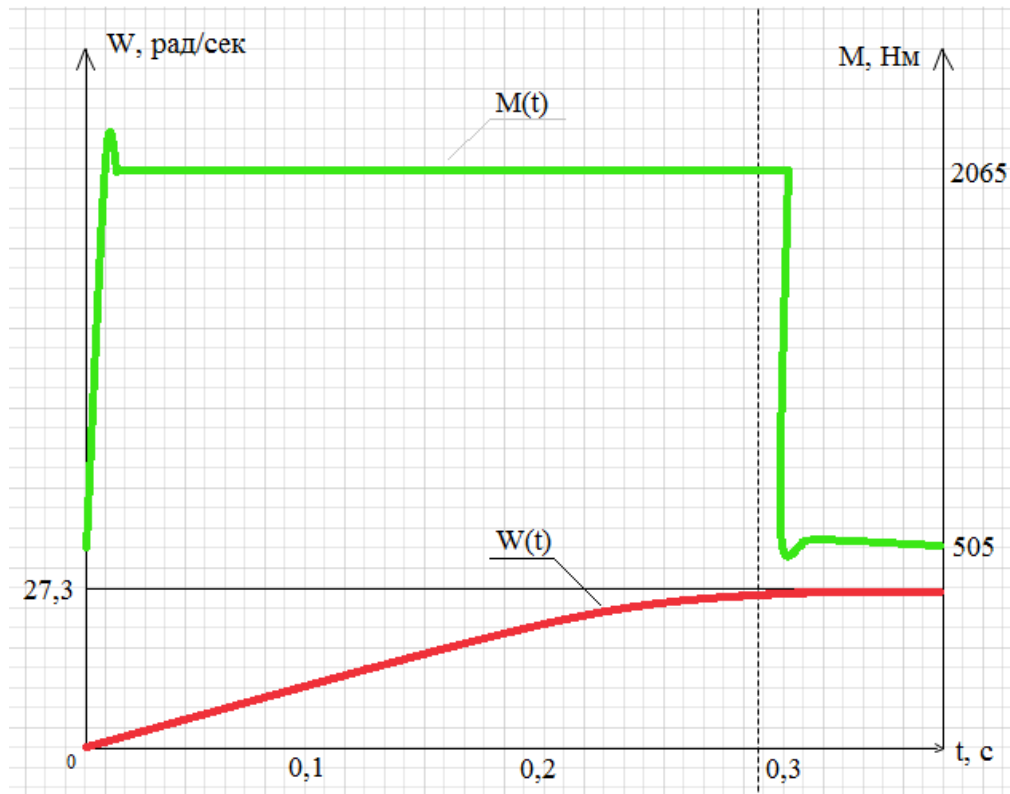


Рисунок 2.11- Переходные процессы скорости и момента при подъеме фурмы

Принцип подчиненного регулирования координат должен обеспечить оптимальные переходные процессы, то есть наименьшее перерегулирование и наибольшее быстродействие. При рассмотрении контура регулирования положения видно, что здесь отсутствует перерегулирование, как и должно быть. Ошибка регулирования по положению под нагрузкой равна нулю.

3 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ И ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

3.1 Характеристика кислородно-конверторного цеха

Публичное акционерное общество «Челябинский металлургический комбинат» – одно из крупнейших в России предприятий полного металлургического цикла по выпуску качественных и высококачественных сталей. ЧМК – одно из немногих предприятий страны, которому дано право присваивать продукции собственный индекс – ЧС (Челябинская Сталь). Комбинат также является крупнейшим производителем нержавеющей стали в России.

ЧМК выпускает широкий сортамент продукции металлургического производства: чушковый чугун, полуфабрикаты стальные для дальнейшего передела, сортовой и листовой металлопрокат из углеродистых, конструкционных, инструментальных и коррозионно-стойких марок стали, фасонный прокат и рельсовую продукцию.

Атомная энергетика, тяжелое, химическое, энергетическое, автомобильное и сельскохозяйственное машиностроение, подшипниковые и трубопрокатные заводы, строительство, медицинское оборудование и инструмент – вот далеко не полный перечень применения продукции ЧМК.

В качестве основной продукции комбинат производит широкий профильный сортамент металлопроката: от катанки до арматурного проката периодического профиля, от бунтового проката из конструкционной стали до сортового проката для трубопрокатных и машиностроительных заводов, а также сортовую квадратную заготовку. ЧМК – основное предприятие «Мечела», выпускающее листовой прокат.

Предприятие имеет сертификат TUV соответствия менеджмента качества международному стандарту ISO 9001:2000, сертификат Органа по сертификации арматурной стали Великобритании CARES, лицензию Ростехнадзора РФ на право производства металлопроката по заказам атомных электростанций, сертификат стандарта Det Norske Veritas для производства стальных слитков.

В июне 2015 года предприятие получило сертификат соответствия требованиям Технического регламента Таможенного союза на рельсы длиной до 100 метров. Сертификация позволяет осуществлять поставку продукции Челябинского металлургического комбината в адрес ОАО «Российские железные дороги».

Уставный капитал ПАО «Мечел» составляет 5 550 276 600 (пять миллиардов пятьсот пятьдесят миллионов двести семьдесят шесть тысяч шестьсот) рублей. Уставный капитал ПАО «Мечел» состоит из 416 270 745 (четырёхсот шестнадцати миллионов двухсот семидесяти тысяч семисот сорока пяти) обыкновенных именных акций номинальной стоимостью 10 (десять) рублей каждая и 138 756 915 (ста тридцати восьми миллионов семисот пятидесяти шести тысяч девятисот пятнадцати) привилегированных именных акций номинальной стоимостью 10 (десять) рублей каждая.

Акции ПАО «Мечел» допущены к обращению на российской фондовой бирже ЗАО «ФБ ММВБ» и включены в котировальный список "А" первого уровня. В торговой системе обыкновенным акциям присвоен код MTLR, привилегированным акциям - MTLRP.

3.1 Анализ технико-экономических показателей цеха

Если за 2016 г. план по выпуску стали кислородно-конвертерным цехом был равен 9450000 т, то фактический выпуск стали составил 9502687т. Таким образом, план по выпуску готовой продукции выполнен на 101% , что говорит о хорошей работе цеха в отчетном году. Себестоимость тонны стали составила 4940,6 руб. (заводская себестоимость отпускной стали). При этом рентабельность работы цеха находится на уровне 15,92%.

Увеличения производительности, снижения себестоимости продукции и увеличения плана можно добиться за счёт: уменьшения производственного цикла, сокращения простоев, уменьшения времени на ремонты, сокращения брака, уменьшения расходов на энергетические затраты, затрат на ремонт оборудования.

Применение современных электроприводов позволяет улучшить вышеперечисленные факторы, влияющие на производительность и качество выплавляемой стали. За счёт надёжности, высокого КПД современных электроприводов, возможно, улучшить технико-экономические показатели, при этом, не ухудшая качества выпускаемой продукции.

В данном разделе дипломного проекта рассматриваются экономические показатели кислородного цеха ОАО «ЧМК». Данные сведены в таблице 3.1. Данные взяты из бухгалтерской отчётности цеха за 2016 год.

Таблица 3.1 – Техничко-экономические показатели цеха ККЦ ОАО «ЧМК»

Показатели	План	Факт
Производство стали, т	7672 687	7679832
Производительность т/ч	1154	1162
Плановые ремонты, ч	644	621
Текущие простои, ч:	1227	1160
а) по причине простоя:		
- механического оборудования	–	28
- электрооборудования	–	14
б) технологические простои	–	908
в) профилактика	–	188
г) задержка других цехов	–	15
д) по иным причинам	–	7

Из таблицы 3.1 видно, что фактический объём производства превысил планируемый на 7145 тонн, что вызвано уменьшением времени простоев и времени затраченного на ремонты. Фактическая часовая производительность составляет 1162 тонн, что на 8 кг больше запланированной. Это достигнуто за счёт более равномерного распределения работы конвертеров по времени.

3.2 Расчёт производственной программы цеха

Производственная программа или годовой объем производства продукции:

$$W_{\Gamma} = P \cdot T_{\Phi} \quad (44)$$

где

W_{Γ} – производственная мощность (годовой выпуск продукции), т/год;

P – производительность конвертера, т/ч;

T_{Φ} – годовой фактический фонд рабочего времени оборудования, ч.

Расчёт годового объёма производства начинается с составления баланса времени работы конвертера. Необходимо рассчитать календарное, номинальное и фактическое время работы. Данные для расчётов принимаются из табл. 3.1.

Календарным временем считается всё время нахождения конвертера в эксплуатации, независимо от времени ремонтов и технологических простоев.

Номинальное время определяется исключением из календарного времени простоев конвертера на капитальных и технологических ремонтах.

Фактическое время находится исключением из номинального времени внеплановых текущих простоев конвертера. Фактическое время работы конвертера за год и производительность его в единицу времени..

Годовой фонд рабочего времени:

$$T_{\Phi} = T_{\text{кал}} - T_{\text{кр}} - T_{\text{пр}} = 8760 - 621 - 1160 = 6979 \text{ч} \quad (45)$$

где:

T_{Φ} – календарное время работы, ч;

$T_{\text{кал}}$ – время, затраченное на капитальные ремонты, ч;

$T_{\text{кр}}$ – время, затраченное на текущие ремонты, ч;

$T_{\text{пр}}$ – время, затраченное на текущие простои, ч.

Среднечасовая производительность конвертера:

$$P = \frac{24 \cdot q \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{\text{И}}}{t} = \frac{24 \cdot 370 \cdot 1,7}{40} = 377,7 \frac{\text{Т}}{\text{ч}} \quad (46)$$

где:

24 – продолжительность суток, ч;

t – продолжительность одной плавки, ч;

q – масса одной плавки, т.;

K_{Γ} – коэффициент использования номинального времени (коэффициент экстенсивного использования).

Производственная программа или годовой объем производства продукции определяется производительностью агрегата в единицу рабочего времени и фондом рабочего времени.

Годовой объем производства продукции, формула :

$$W_{\Gamma} = 377,7 \cdot 6979 = 2636968,3 \frac{\text{Т}}{\text{Г}} \quad (47)$$

Увеличение фактического времени работы ожидается за счет уменьшения текущих простоев на 5%. Поэтому определяем номинальное и фактическое время после реконструкции:

$$T_{\text{ном2}} = 8760 - 621 = 8139 \text{ ч}, \quad (48)$$

$$T_{\text{ф2}} = 8139 - 1102 = 7037 \text{ ч} \quad (49)$$

Таблица 3.2 – Расчёт производственной программы цеха

Показатели	Величина	
	До реконструкции	После реконструкции
Календарное время, ч	8760	8760
Планово-предупредительные ремонты, ч	621	621
Капитальный ремонт, ч	0	0
Номинальное время, ч	8139	8139
Текущие простои, ч	1160	1102
Фактическое время, ч	6979	7037
Средняя часовая производительность, т/ч	377,3	377,7
Годовая производительность конвертеров, т/год	2633409	2655060

3.3 Расчёт сметы капитальных затрат

1. Расчёт стоимости приобретённого оборудования (О)

Перечень необходимого оборудования устанавливается на основании спецификации. Цены на основное оборудование принимаются из прейскуранта оптовых цен предоставленных производителями. Расчёт стоимости приобретённого оборудования представлен в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Расчёт стоимости приобретённого оборудования (О)

Наименование оборудования	Кол-во единиц, шт	Оптовая цена за единицу, тыс.руб	Общая стоимость, тыс.руб.
ПЧ Sinamics S120	1	3427,5	3427,5

Продолжение таблицы 3.3

Прочее неучтенное оборудование	10%	-	342,75
Итого	-	-	3770,25

Стоимость неучтённого оборудования (кабели, проводка и прочее мелкое оборудование) принимается в размере 10% от стоимости учтённого оборудования.

2.Расчёт затрат на монтаж оборудования (М)

Затраты на монтаж определяются по ценнику на монтаж оборудования. Величина затрат, указанная в ценнике, не полная. Она не учитывает доплат по районному коэффициенту к заработной плате, накладные расходы и плановые накопления. Расчёт затрат на монтаж оборудования представлен в табл. 3.4.

3.5 Расчёт величины транспортных расходов , заготовительно-складских расходов , затрат на запасные части и расходов на комплектацию оборудования

Расчёт величины транспортных расходов (T_p), заготовительно-складских расходов (Z_c), затрат на запасные части ($Z_ч$) и расходов на комплектацию оборудования (Z_k) приводится на основе стоимости приобретаемого оборудования.

Затраты на запасные части берутся в размере (2 – 3)% от стоимости оборудования (O):

$$Z_{ч} = O \cdot 0,02 = 3770,25 \cdot 0,02 = 75,4 \text{ тыс.руб.} \quad (50)$$

Транспортные расходы берутся в размере 3,3% от стоимости оборудования и запасных частей.

$$T_p = 0,033 \cdot (O + Z_{ч}) = 0,033 \cdot (3770,25 + 75,4) = 126,91 \text{ тыс.руб.} \quad (51)$$

Заготовительно-складские расходы берутся в размере 1,2% от стоимости оборудования, транспортных расходов и запасных частей.

$$Z_c = 0,012 \cdot (O + Z_{ч} + T_p) = 0,012 \cdot (3770,25 + 75,4 + 126,91) = 47,67 \text{ тыс.руб.} \quad (52)$$

Затраты на комплектацию оборудования – в размере (0,5-1,5)% от стоимости оборудования и запасных частей.

$$Z_k = 0,006 \cdot (O + Z_{ч}) = 0,006 \cdot (3770,25 + 75,4) = 23,074 \text{ тыс.руб.} \quad (53)$$

Капитальные затраты на реконструкцию составляют:

$$K = O + M + T_p + Z_c + Z_{\text{ч}} + Z_k = \\ = 3770,25 + 310,3056 + 126,91 + 47,67 + 75,4 + 23,074 = 4353,609 \text{ тыс.руб.} \quad (54)$$

3.6 Расчёт затрат на эксплуатацию системы электропривода

В данном разделе определяется состав и размер эксплуатационных расходов, связанных с работой электрооборудования.

Эксплуатационные расходы, связанные с работой электрооборудования, состоят, как правило, из следующих видов затрат:

- а) потерь электроэнергии (Э);
- б) амортизационных отчислений (А);
- в) затрат на ремонты и обслуживание электрооборудования ($C_{\text{тр}}$).

Таким образом, затраты на эксплуатацию системы электропривода (С) можно рассчитать по формуле:

$$C = Э + А + C_{\text{тр}} \quad (55)$$

Эксплуатационные расходы рассчитываются за год.

$\eta_{\text{дв}}$ – КПД электродвигателя.

1. Расчёт затрат на электроэнергию (Э)

Расчёт затрат на электроэнергию определяется умножением себестоимости 1 кВт·ч энергии на количество теряемой энергии в течении года.

Затраты на электроэнергию (Э) рассчитываются по формуле:

$$\Xi = P \cdot \eta \cdot T_{\phi} \cdot C_{\Xi} \quad (56)$$

где:

P – мощность на входе установки. Номинальная мощность установленного электропривода составляет 55 кВт;

T_{ϕ} – фактическое время работы электрооборудования за год, ч;

$C_{\Xi} = 2,85$ – себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии.

η – КПД установки. Коэффициент полезного действия установки рассчитывается как произведение КПД входящего электрооборудования в эту электроустановку:

Для нового оборудования:

$$\Xi = 55 \cdot 0,93 \cdot 7035 \cdot 2,85 = 1025,83 \text{ тыс.руб.},$$

Для старого оборудования:

$$\Xi = 380 \cdot 0,79 \cdot 6979 \cdot 2,85 = 5971,023 \text{ тыс.руб.},$$

2.Расчёт амортизационных отчислений (А)

Расчёт годовой суммы амортизационных отчислений производится на основе капитальных затрат на оборудование и нормы амортизации для него.

Норму амортизации по оборудованию можно рассчитать по следующей формуле:

$$N_a = \frac{100}{T_a} = \frac{100}{15} = 6,67, \quad (57)$$

где N_{ai} – норма амортизации оборудования, %;

T_{ai} – нормативный срок службы оборудования, равный 15-ти лет для нового и демонтируемого оборудования, лет.

Сумма амортизации определится как:

$$A = \frac{K \cdot H_a}{100} = \frac{4353,609 \cdot 6,67}{100} = 290,385 \quad (58)$$

Годовая сумма амортизации отражена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет годовой суммы амортизации

Наименование оборудования	Первоначальная стоимость K , тыс.руб.	Кол-во штук	Общая стоимость C_o , тыс.руб.	Норма амортизации H_A , %	Сумма амортизации A , тыс.руб./год.
Устанавливаемое оборудование					
Sinamics S120	4477,733	1	4477,733	6,67	290,385
Демонтируемое оборудование					
КТЭ-500/220	1505,893	1	1505,893	6,67	100,443

3.Расчёт затрат на ремонты и обслуживание электрооборудования ($C_{тр}$)

Величина затрат на ремонты и обслуживание складывается из большого количества элементов, а именно:

- стоимость энергии всех видов;
- материалов;
- запасных частей;
- инструмента и инвентаря;
- заработной платы ремонтного и дежурного персонала.

Из множества этих элементов прямому счёту в рамках дипломного проекта поддаётся только заработная плата. Доля затрат на содержание основных средств, принимается равной $k = 0,2$, поскольку новое оборудование современное и более совершенное, по сравнению с демонтируемым, а для демонтируемого оборудования $k = 0,9$. Тогда величина затрат на ремонты и обслуживание с учётом этого коэффициента и суммы амортизации определится следующим образом:

Для нового оборудования:

$$C_{\text{тр}} = k \cdot A = 0,2 \cdot 290,385 = 58,077 \text{ тыс. руб.} \quad (59)$$

Для старого оборудования:

$$C_{\text{тр}} = k \cdot A = 0,9 \cdot 100,443 = 90,4 \text{ тыс. руб.} \quad (60)$$

Таким образом, сумма годовых затрат на эксплуатацию системы электропривода составит:

$$C = Э + A + C_{\text{тр}} = 1025,83 + 290,385 + 58,077 = 1374,292 \text{ тыс.руб.} \quad (61)$$

3.7 Расчёт налогов на фонд оплаты труда по цеху

Средняя заработная плата работника ККЦ составляет 24933,84 руб./месяц.

Число работников обслуживающих кислородную фурму- 5 чел.

Тогда годовой фонд оплаты труда составит сумму:

$$\text{ФОТ} = 12 \cdot 5 \cdot 24933,84 = 1496004 \text{руб}$$

С полученной на социальные нужды отчисляются следующие суммы:

- в Пенсионный фонд РФ (26% от ФОТ)=388 961,04руб.
- в фонд социального страхования (2,9%)=43 384,116 руб.
- в фонд обязательного медицинского страхования (3,1%)=46 376,124

В итоге получается общий размер отчислений по страховым выплатам 30%.

$$N_{\text{стр.вып}} = 0,30 \cdot \text{ФОТ} = 0,30 \cdot 1496004 = 448,801 \text{ тыс.руб.} \quad (62)$$

3.8 Оценка экономической эффективности проекта

Технико-экономическое обоснование основано на сравнении данных предприятия «до внедрения» и «после внедрения» проекта.

Задаваемые условия для расчета экономической эффективности:

- расчетный период T принимаем 5 лет (для нестандартного оборудования);
- капитальные вложения K осуществляются в течение первого года расчетного периода.

Расчет единовременных (капитальных) затрат на оборудование:

$$K = O + M + T_p + Z_c + Z_{\text{ч}} + Z_k = \\ = 3770,25 + 310,3056 + 126,91 + 47,67 + 75,4 + 23,074 = 4353,609 \text{ тыс.руб.} \quad (63)$$

Таблица 3.6 – Текущие затраты до реконструкции и после

Положение	До реконструкции, тыс.руб	После реконструкции, тыс.руб	Δ , тыс.руб
Ремонт оборудования	90,4	58,077	32,323
Амортизационные отчисления	100,443	290,385	-189,942

Продолжение таблицы 3.6

Затраты на электроэнергию	5971,023	1025,83	4945,193
Итого затраты	6161,87	1374,292	4787,574

Годовая экономия текущих издержек при новой технологии составляет 4787,575 тыс.руб.

Срок окупаемости капитальных вложений ($T_{ок}$) – это период, начиная с которого первоначальные вложения и другие затраты, связанные с инвестиционным проектом, покрываются суммарными результатами его осуществления. Срок окупаемости определяет время, за которое возмещаются первоначальные вложения за счет чистых поступлений, исчисляется от базового момента времени:

$$T_{ок} = \frac{K}{P} = 0,9 \text{ лет} \quad (64)$$

где:

$K=4353,609$ тыс.руб. – капитальные вложения на осуществление мероприятий, р.,

P – годовая экономия от внедрения мероприятий (результат), р.

Чистый дисконтированный доход за расчетный период

Примем, что доходы (экономия) распределены во времени равномерно. Чистый дисконтированный доход рассчитывается:

$$ЧДД = \sum d \cdot a_t - K \quad (65)$$

где

K – капитальные затраты;

$\sum d$ – суммарные дисконтированные доходы (прибыль или экономия).

a_t – коэффициент дисконтирования:

$$a_t = \frac{1}{(1+i)^t} \quad (66)$$

i - норма дисконта (ставка дисконтирования);

t – номер шага расчета, или временного интервала реализации проекта (в данном случае $t = 1, 2, 3$).

Рассчитаем коэффициент дисконтирования:

$$a_1 = \frac{1}{(1+0,18)^1} = \frac{1}{1,18} = 0,85$$

$$a_2 = \frac{1}{(1+0,18)^2} = \frac{1}{(1,18)^2} = 0,72$$

$$a_3 = \frac{1}{(1+0,18)^3} = \frac{1}{(1,18)^3} = 0,61$$

Рассчитаем чистый дисконтированный доход за расчетный период:

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} &= (4787,574 \cdot 0,85 + 4787,574 \cdot 0,72 + 4787,574 \cdot 0,61) - 4353,609 \\ &= 6083,4 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Индекс доходности рассчитывается путем деления суммарного дисконтированного дохода (прибыли или экономии) на объем капитальных вложений:

$$\text{ИД} = \frac{\sum d \cdot a_t}{K} \quad (67)$$

Рассчитаем индекс доходности:

$$\text{ИД} = \frac{6083,351}{4353,609} = 1,4$$

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – накопленный дисконтированный эффект за расчетный период, приведенный к начальному шагу расчета. ЧДД характеризует превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами (капитальными и текущими) для данного проекта с учетом фактора времени. Критерий эффективности проекта интерпретируется следующим образом. ЧДД < 0 – прибыльность инвестиций меньше, чем ставка дисконта.

Индекс доходности (ИД) инвестиций показывает отдачу от вложенного капитала, то есть, сколько прибыли принесет каждый рубль дисконтированных капитальных вложений. ИД представляет собой отношение суммы приведенного эффекта (суммарных денежных поступлений) к величине инвестиций. ИД позволяет определить, сможет ли текущий доход от проекта покрыть капитальные вложения в него. ИД тесно связан с ЧДД. Если ИД < 1, то ЧДД отрицательный, проект неэффективен.

Все полученные результаты в ходе выполнения курсовой работы представим в сводной итоговой таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Сводная таблица технико-экономических показателей

Показатель	Значение показателя		
	До реконструкции	После реконструкции	Δ

Продолжение таблицы 3.7

Капитальные затраты, тыс. руб.	-	4353,609	4353,609
Текущие простои, ч	1160	1102	58
РСЭО, тыс. руб.	6161,87	1374,292	4787,578
Затраты на электроэнергию, тыс. руб.	5971,023	1025,83	4945,193
Сумма амортизации тыс. руб./год	100,443	290,385	189,942
Затраты на ремонт и обслуживание, тыс. руб.	90,4	58,077	32,323
Годовой объем производства, т	2633409	2636968,3	3559,3
Итого годовая экономия, тыс. руб.	4787,575		
ЧДД, тыс. руб.	6083,4		
ИД	1,4		
Окупаемость, лет	0,9		

Таким образом, исходя из таблицы 3.7, можно сделать выводы о том что реконструкция оборудования позволит увеличить годовой объем производства, снизить эксплуатационные затраты, сократятся текущие простои оборудования, а значит проект считается прибыльным и может быть реализован на производстве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе спроектирован электропривод перемещения кислородной фурмы, применяемой в кислородно-конвертерном цехе ПАО ЧМК.

При проведении анализа технологического процесса сформулированы основные требования, предъявляемые к электроприводу механизма перемещения.

На основе требований был выбран асинхронный двигатель АМТК280S8-F мощностью 55 кВт.

С учетом данных двигателя был выбран частотный преобразователь, который подключается к сети переменного тока 380В.

Рассмотрены основные защиты электропривода.

Разработана структурная схема системы автоматического регулирования электроприводом. Рассчитаны основные параметры системы ПЧ-АД и все необходимые параметры контуров регулирования, коэффициентов обратных связей и датчиков.

На основании разработанной структурной схемы подчиненного регулирования координат разработана принципиальная схема. Принципиальная электрическая схема системы управления электроприводом реализована программно.

С точки зрения экономических показателей, проект внедрения оборудования не приводит к уменьшению прибыли предприятия. Т. к. ЧДД > 0 и ИД > 1 , можно сказать, что этот проект эффективен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бахольская, Л.И. Экономика, организация и планирование производства: Методические указания по дипломному и курсовому проектированию для студентов специальности 180400 дневной и заочной форм обучения / Л.И. Бахольская. - Магнитогорск: МГТУ, 2001. – 72 с.
2. Герман-Галкин, С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0 / С.Г. Герман-Галкин. - СПб.: Корона принт., 2001. — 320 с.
3. Землянский, Ю.М. Конструкция и расчет исполнительного механизма привода: учеб. пособие / Ю.М. Землянский. – Челябинск: Издательский центр ЮУГУ, 2014. – 61 с.
4. Косматов, В.И. Проектирование электроприводов металлургического производства: учебное пособие / В.И. Косматов. - Магнитогорск: МГТУ, 1998. - 224 с.
5. Краузе, Г.Н. Редукторы: Справ. пособие / Г.Н. Краузе, Н.Д. Кутилин. – Санкт-Петербург: Машиностроение, 1972. – 164 с.
6. Кривицкий, С.О. Динамика частотно-регулируемых электроприводов с автономными инверторами / С.О. Кривицкий, И.И. Эпштейн. - М., «Энергия», 1970. – 317 с.
7. Чернавский, С.А. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин, Г.М. Ицкович, В.П. Козанцов. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 416 с.
8. Лукин, А.Н. Системы автоматизированного электропривода с векторным управлением асинхронных двигателей: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 1804 / А.Н. Лукин. - Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 50 с.
9. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проектирования – Екатеринбург: УрГУПС, 2014. – 32 с.
10. Методические указания к курсовому проекту «Электропривод по схеме преобразователь частоты - асинхронный двигатель»
11. Поздеев, А.Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно – регулируемых электроприводах / А.Д. Поздеев. - Чебоксары, 1998. – 171с.

12. Терехов, В. М. Системы управления электроприводов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов.- М.: Изд. центр «Академия», 2005.-305с.

13. Фомин, Н. В. Системы управления электроприводов: Учеб. Пособие / Н.В. Флмин. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. -87с.